

**PENGUKURAN *ENTRANCE SURFACE DOSE* (ESD)
PADA PEMERIKSAAN RADIOGRAFI ABDOMEN,
PELVIS DAN LUMBOSAKRAL**

TESIS

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar magister

Sawiyah
0806421445



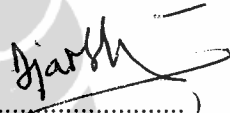
UNIVERSITAS INDONESIA
FAKULTAS MATEMATIKA & ILMU PENGETAHUAN ALAM
PROGRAM STUDI MAGISTER FISIKA
PROGRAM KEKHUSUSAN FISIKA MEDIK DAN BIOFISIKA
JAKARTA
DESEMBER 2010

LEMBAR PENGESAHAN

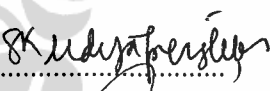
Tesis ini diajukan oleh :
Nama : Sawiyah
NPM : 0806421445
Program Studi : Fisika
Kekhususan : Fisika Medik
Judul Tesis : Pengukuran *Entrance Surface Dose (ESD)*
pada Pemeriksaan Radiografi Abdomen,
Pelvis dan Lumbosakral

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

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Prof. Dr. Djarwani S. Soejoko (.....) 

Penguji : Dr. Musaddiq Musbach (.....) 

Penguji : Dr. Seruni Udyaningsih Freisleben (.....) 

Penguji : Dr. Agung Alfiansyah (.....) 

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal : 23 Desember 2010

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Sawiyah

NPM : 0806421445

Tanda Tangan : 

Tanggal : 23 Desember 2010

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan nikmat hidup, sehat, iman, islam dan ikhlas, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dengan judul PENGUKURAN *ENTRANCE SURFACE DOSE* (ESD) PADA PEMERIKSAAN RADIOGRAFI ABDOMEN, PELVIS dan LUMBOSAKRAL. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Prof. DR. Djarwani Soeharso Soejoko sebagai pembimbing yang telah dengan sabar membimbing, berbagi ilmu dan mengarahkan penulis, baik selama perkuliahan sampai dengan selesainya penelitian ini
2. Seluruh staf dosen pengajar dan staf administrasi Program Magister Fisika Medik Pasca Sarjana FMIPA Universitas Indonesia.
3. Dokter dan pekerja di Instalasi Radiologi RS. Dharmais, RS. Fatmawati dan RS. Husada, Jakarta, yang telah membantu kelancaran selama proses pengambilan data.
4. Staf dosimetri PTKMR-BATAN Pasar Jum'at dan laboran di laboratorium fisika medik UI yang telah membantu menyiapkan dan membaca TLD yang digunakan pada penelitian ini.
5. Rekan-rekan Mahasiswa Program Magister Fisika Medik FMIPA UI angkatan 2008 dan alumni fisika medik UI yang telah memberikan dukungannya.
6. Semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu, yang telah membantu terlaksananya penelitian ini.

Semoga amal baik anda semua mendapat balasan pahala yang berlipat ganda, Amin. Penulis menyadari bahwa hasil penelitian ini sangat jauh dari sempurna. Walaupun demikian penulis berharap semoga hasil penelitian ini dapat bermanfaat bagi perkembangan khazanah keilmuan dimasa datang. Penulis berharap besar atas saran dan kritik yang membangun demi perbaikan di masa depan. Terima kasih.

Desember 2010

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

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

Nama : Sawiyah
NPM : 0806421445
Departemen : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis Karya : Tesis

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 : "Pengukuran *Entrance Surface Dose (ESD)* pada Pemeriksaan Radiografi Abdomen, Pelvis dan Lumbosakral" beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan memublikasikan tugas akhir saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta
Pada tanggal : 23 Desember 2010
Yang menyatakan



(Sawiyah)

ABSTRAK

Nama : Sawiyah
Program Studi : Magister Fisika Medis dan Biofisika
Judul : Pengukuran *Entrance Surface Dose (ESD)* pada Pemeriksaan Radiografi Abdomen, Pelvis dan Lumbosakral

Telah dilakukan pengukuran *Entrance surface dose (ESD)* dan pembuatan phantom abdomen berdasarkan AAPM Report No. 31. Pengukuran ESD ini meliputi pemeriksaan radiografi abdomen AP, pelvis AP, lumbosakral AP dan lumbosakral LAT di 3 rumah sakit (A, B dan C). Pengukuran ESD ini melibatkan 149 sampel menggunakan *thermoluminescence dosimeter (TLD)*. Terdiri dari 39 sampel abdomen AP, 19 sampel pelvis AP, sampel lumbosakral AP dan LAT masing-masing 47 dan 44 sampel. Dari seluruh data ESD abdomen AP, 92% diantaranya berada pada rentang 0.90 mGy - 2.40 mGy. ESD untuk pelvis AP tersebar merata pada rentang antara 0.94 mGy to 1.89 mGy (84 %), sedangkan ESD lumbosakral AP and LAT masing-masing berada pada rentang 0.10 mGy-5.80 mGy (89 %) dan 1.37 mGy to 12.56 mGy (93%). Perbandingan ESD antara pasien dan phantom abdomen (selanjutnya disebut faktor konversi) diperoleh sebesar 0.90. Hasil pengukuran ESD menunjukkan bahwa ESD abdomen AP, pelvis AP, lumbosakral AP dan LAT masih berada di bawah tingkat panduan yang direkomendasikan IAEA BSS 115.

Kata kunci:
entrance surface doses, thermoluminescence dosimeters, phantom

ABSTRACT

Name : Sawiyah
Study Program: Magister of Medical Physics and Biophysics
Title : Entrance Surface Dose (ESD) Measurement of Abdomen, Pelvis
and Lumbosacral Radiographic Examinations

Entrance surface dose (ESD) measurement and abdomen phantom based on AAPM Report No. 31 have been performed. The ESD measurement for AP abdomen, AP pelvis, AP and LAT lumbosacral radiographic examinations was carried out at 3 hospitals (hospital A, B, and C). ESD was measured from 149 samples using thermo luminescence dosimeter (TLD) chips. Thirty-nine samples were collected from AP abdomen examination, nineteen samples from AP pelvis examination, 47 and 44 samples from AP and LAT lumbosacral examinations respectively. 92% of AP abdomen samples, have ESD fluctuate in the range of 0.90 mGy - 2.40 mGy. The ESD from AP pelvis distributed from 0.94 mGy to 1.89 mGy (84 %), and ESD from AP and LAT lumbosacral were in the range from 0.10 mGy-5.80 mGy (89 %) and from 1.37 mGy to 12.56 mGy (93%). The ESD patient to phantom ratio further called conversion factor was determined to be 0.90. The measurement's result in this work indicates that ESD from AP abdomen, AP pelvis, AP and LAT lumbosacral are still below the guidance level recommended by IAEA BSS 115.

Key word:

entrance surface dose, thermoluminescence dosimeter, phantom

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
KATA PENGANTAR	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR SINGKATAN	xiv
1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Manfaat Penelitian	3
1.5. Batasan Penelitian	4
2. TEORI	5
2.1. Pesawat Sinar-X	5
2.2. <i>Entrance Surface Dose</i> (ESD)	7
2.3. <i>Incident Air Kerma</i> (K_i)	9
2.4. <i>Entrance surface Air Kerma</i> (K_e)	10
2.5. <i>Termoluminescence Dosimeter</i> (TLD)	10
2.6. Anatomi	12
3. METODE PENELITIAN	15
3.1. Peralatan	15
3.2. Metode	18
3.2.1. Sampling ketebalan rata-rata orang dewasa	18
3.2.2. Kalibrasi TLD	19
3.2.3. Pemeriksaan Kondisi Pesawat Sinar-X	20
3.2.4. Pengukuran dosis	21
3.2.5. Pembuatan Phantom Abdomen	22
4. HASIL PENELITIAN	24
4.1. Tebal rata-rata orang dewasa	24
4.2. Pemeriksaan Kondisi Pesawat Sinar-X	25
4.3. Data Dosis (ESD)	26
4.3.1. Pengukuran Secara Langsung (<i>Direct Measurement</i>)	27
4.3.1.1. Abdomen AP	27
4.3.1.2. Pelvis AP	30
4.3.1.3. Lumbosakral AP	31
4.3.1.4. Lumbosakral Lateral	34

4.3.2. Pengukuran Secara Tidak Langsung (<i>Indirect Measurement</i>)	39
4.3.3. Faktor Koreksi Phantom Abdomen	40
5. PEMBAHASAN	42
6. KESIMPULAN	48
DAFTAR REFERENSI	50
LAMPIRAN	



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Komponen sinar-X	5
Gambar 2.2.	Tabung pesawat sinar-X	6
Gambar 2.3.	Spektrum sinar-X bremsstrahlung dan karakteristik dengan target tungsten	7
Gambar 2.4.	Diagram pengukuran K_i dan K_e	9
Gambar 2.5.	Proses <i>thermoluminescence</i>	11
Gambar 2.6.	<i>Glow curve vs temperature</i>	12
Gambar 2.7.	Gambar lokasi kepala, thorax dan abdomen	13
Gambar 2.8.	Contoh gambar sinar-X untuk pelvis	13
Gambar 2.9.	Contoh gambar sinar-X untuk lumbosakral	14
Gambar 3.1.	Pesawat sinar-X	16
Gambar 3.2.	Kaset PSP (<i>photostimulable storage phosphor</i>) pada system <i>Computed Radiography</i>	16
Gambar 3.3.	Detektor Unfors Xi	17
Gambar 3.4.	Kepingan TLD	17
Gambar 3.5.	TLD reader Harshaw	18
Gambar 3.6.	Tempat meletakkan chip TLD pada TLD reader	18
Gambar 3.7.	Posisi AP dan lateral	19
Gambar 3.8.	Detektor <i>ionization chamber</i> merk Victoreen model 4000M+	20
Gambar 3.9.	Posisi detektor unfors	21
Gambar 3.10.	Posisi TLD pada pasien yang berdiri	22
Gambar 3.11.	Posisi TLD pada pasien yang berbaring	22
Gambar 3.12.	Phantom Abdomen	23
Gambar 4.1.	Grafik hubungan antara ketebalan dengan ESD untuk jenis penyinaran abdomen AP meliputi ukuran ketebalan S (kecil), M (sedang) dan L (besar)	28
Gambar 4.2.	Grafik hubungan antara ketebalan dengan ESD pada jenis penyinaran pelvis AP	31
Gambar 4.3.	Grafik hubungan antara ketebalan dengan ESD untuk jenis penyinaran lumbosakral AP meliputi ukuran ketebalan S (kecil), M (sedang) dan L (besar)	31
Gambar 4.4.	Grafik hubungan antara ketebalan dengan ESD untuk jenis penyinaran lumbosakral lateral meliputi ukuran ketebalan S (kecil), M (sedang) dan L (besar)	34

Gambar 4.5.	Grafik hubungan antara ketebalan dengan ESD/mAs pada berbagai pemeriksaan di ketiga rumah sakit untuk seluruh data (a) abdomen AP (b) pelvis AP (c) lumbosakral AP (d) lumbosakral lateral	38
Gambar 4.6.	Perbandingan nilai ESD dan ESAK untuk setiap jenis penyinaran di ketiga rumah sakit	39
Gambar 4.7.	Nilai ESD dan ESAK di tiap rumah sakit untuk (a) abdomen AP (b) pelvis AP (c) Lumbosakral AP (d) Lumbosakral Lateral	40
Gambar 4.8.	Grafik faktor konversi phantom abdomen terhadap ketebalan	41
Gambar 5.1.	Diagram ESD terhadap ukuran ketebalan S, M dan L	43
Gambar 5.2.	ESD di beberapa Negara	44

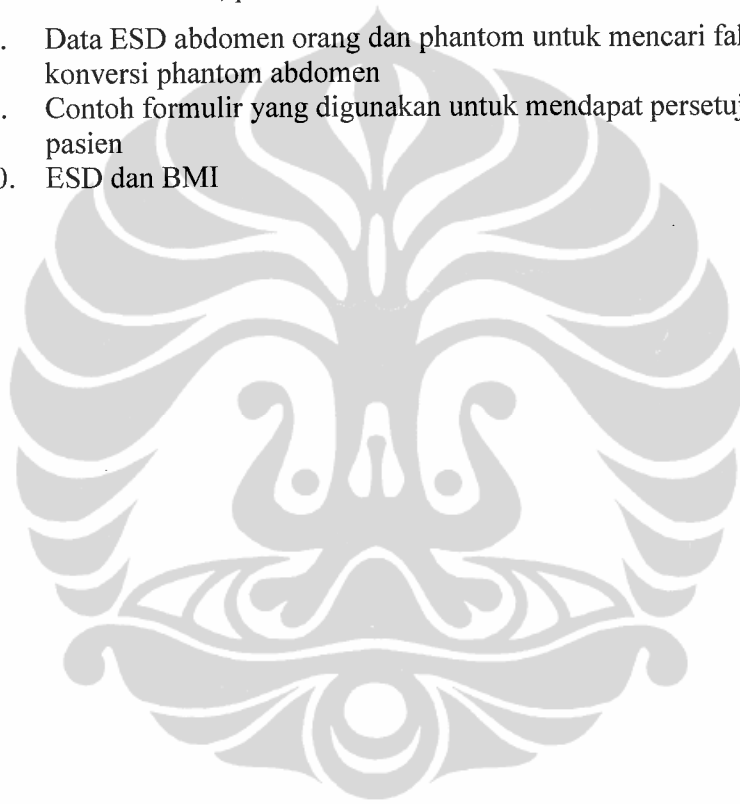


DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Pedoman tingkat dosis radiografi diagnostik bagi pasien dewasa	8
Tabel 4.1.	Tebal perut dan pinggul rata-rata orang dewasa (537 orang) ..	24
Tabel 4.2.	Ketebalan abdomen dan pinggul berdasarkan ukuran kecil (S), sedang (M) dan besar (L)	25
Tabel 4.3.	Tabel kesesuaian tegangan pada panel dan tegangan terukur serta HVL	25
Tabel 4.4.	Nilai ESD dari pengukuran langsung dengan menggunakan TLD untuk tiap jenis penyinaran sesuai ukuran ketebalan	26
Tabel 4.5.	Kondisi eksposi	27
Tabel 4.6.	Tabel ESD Abdomen untuk ukuran tebal S (14-19,9 cm)	28
Tabel 4.7.	Tabel ESD Abdomen untuk ukuran tebal M (20-25,9 cm)	29
Tabel 4.8.	Tabel ESD Abdomen untuk ukuran tebal L (26-32 cm)	30
Tabel 4.9.	Tabel ESD Lumbosakral AP untuk ukuran tebal S (15-21.9 cm)	32
Tabel 4.10.	Tabel ESD Lumbosakral AP untuk ukuran tebal M (22-28.9 cm)	32
Tabel 4.11.	Tabel ESD Lumbosakral AP untuk ukuran tebal L (29-35 cm)	33
Tabel 4.12.	Tabel ESD Lumbosakral Lateral untuk ukuran tebal S (20.5-26.9 cm)	34
Tabel 4.13.	Tabel ESD Lumbosacral Lateral untuk ukuran tebal M (27-33.9 cm)	35
Tabel 4.14.	Tabel ESD Lumbosacral Lateral untuk ukuran tebal L (34-40 cm)	36
Tabel 4.15.	ESD pada jarak 100 cm dari fokus pada jenis penyinaran abdomen AP	41
Tabel 5.1.	ESD (kuartil ketiga) yang diperoleh dalam penelitian ini	43
Tabel 5.2.	ESD (kuartil ke-3) di beberapa penelitian	44
Tabel 5.3.	ESD yang direkomendasikan oleh beberapa organisasi	45

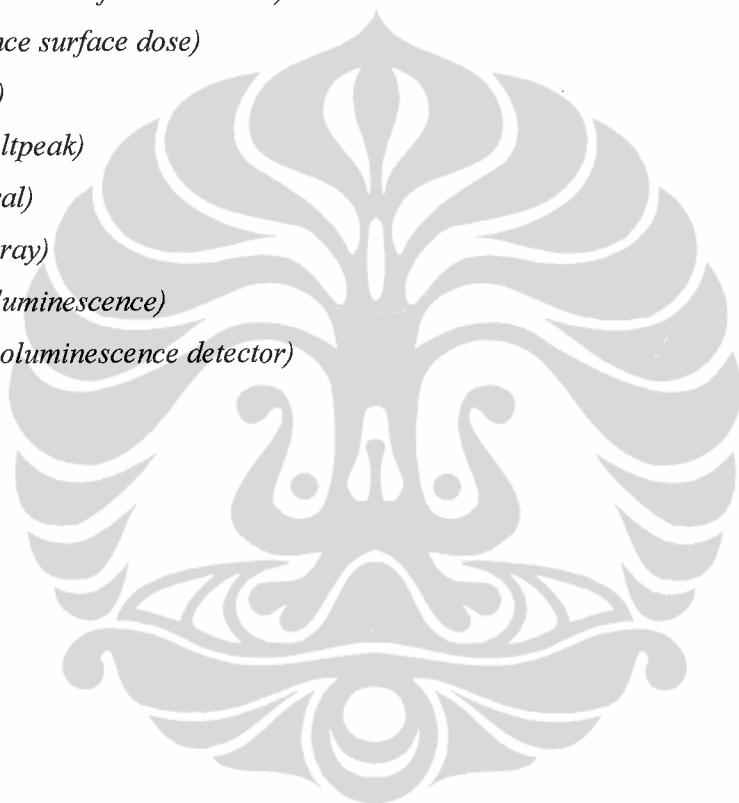
DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Pengukuran Radiasi Keluaran pesawat sinar-X di RS.A
- Lampiran 2. Pengukuran Radiasi Keluaran pesawat sinar-X di RS.B
- Lampiran 3. Pengukuran Radiasi Keluaran pesawat sinar-X di RS.C
- Lampiran 4. Ketebalan tubuh rata-rata orang dewasa
- Lampiran 5. ESD abdomen, pelvis dan lumbosakral di rumah sakit A
- Lampiran 6. ESD abdomen, pelvis dan lumbosakral di rumah sakit B
- Lampiran 7. ESD abdomen, pelvis dan lumbosakral di rumah sakit C
- Lampiran 8. Data ESD abdomen orang dan phantom untuk mencari faktor konversi phantom abdomen
- Lampiran 9. Contoh formulir yang digunakan untuk mendapat persetujuan dari pasien
- Lampiran 10. ESD dan BMI



DAFTAR SINGKATAN

AP (*asterior-posterior*)
BSS (*basic safety series*)
cm (*centimeter*)
CR (*computed radiography*)
DRL (*diagnostic reference level*)
ESAK (*entrance surface air kerma*)
ESD (*entrance surface dose*)
kV (*kilovolt*)
kVp (*kiloVoltpeak*)
LAT (*latheral*)
mGy (*miliGray*)
TL (*thermoluminescence*)
TLD (*thermoluminescence detector*)



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sinar X disamping memiliki manfaat yang besar untuk mendiagnosa dan menentukan kelainan organ juga memiliki potensi yang dapat merugikan manusia. Oleh karena itu dalam penggunaannya perlu disertai dengan usaha atau tindakan pengawasan dan pengamanan. Dalam rangka pengawasan tersebut maka penelitian ini dilakukan untuk mengetahui besar dosis yang diterima di permukaan kulit pasien.

Pemeriksaan radiologi diagnostik juga berperan besar pada dosis kolektif populasi, yang dipengaruhi oleh dosis individual pasien dan frekuensi pemeriksaan. Di UK, sekitar 95% paparan medis terhadap masyarakat berasal dari radiologi diagnostik dan kedokteran nuklir [18]. Sedangkan di US memberikan kontribusi 88% terhadap dosis kolektif [19]. Data dari UNSCEAR (2000) disebutkan bahwa 90% kontribusi dosis radiasi yang diterima penduduk dunia berasal dari sinar-X diagnostik [6], [22].

Untuk melindungi populasi dari efek genetik akibat radiasi, keselamatan pasien pada setiap pemeriksaan sangat penting. Dengan memperhatikan efek biologi yang mungkin terjadi, peralatan dan teknik pemeriksaan terus berkembang, sehingga saat ini setiap pemeriksaan, yang telah ditentukan justifikasinya oleh dokter, pada umumnya akan memberikan manfaat jauh lebih besar dibanding dengan risiko yang mungkin terjadi [2], [3]. Sehingga penentuan nilai ESD sangat penting untuk keselamatan pasien, karena berhubungan dengan risiko radiasi, seperti efek deterministik dan stokastik.

Dosis pasien saat ini menjadi perhatian dunia, berbagai badan internasional seperti IAEA (*International Atomic Energy Agency*), ICRP (*International Committee on Radiological Protection*), dan WHO (*World Health Organization*) memberikan berbagai rekomendasi berkaitan dengan proteksi radiasi pasien. Pada prinsipnya karena pemeriksaan ditujukan agar pasien memperoleh manfaat langsung, maka dosis pasien tidak dibatasi. Tetapi setiap

pemeriksaan sebaiknya mengikuti prinsip dasar yang diberikan oleh ICRP bahwa semua dosis radiasi harus diusahakan *as low as reasonably achievable* (ALARA) [17]. Artinya dosis pasien diusahakan rendah, tetapi tidak sampai mengganggu tujuan untuk memperoleh diagnosa optimal yang diperlukan pasien [2], [4].

Entrance Surface Dose (ESD) atau dosis entrans pasien dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain teknik pemeriksaan, parameter eksposi, jumlah citra yang dibutuhkan dan karakteristik pasien. Oleh karenanya dosis pasien berbeda dari negara satu ke negara lain, dari rumah sakit satu ke rumah sakit lain, bahkan dari peralatan satu ke peralatan lain dalam suatu institusi. Untuk keselamatan pasien, banyak negara (umumnya negara maju) telah memiliki tingkat dosis acuan atau DRL (*Diagnostic Reference Level*) untuk berbagai pemeriksaan, yang di *update* secara periodik. Indonesia belum memiliki DRL, dan oleh karenanya sampai saat ini dosis acuan masih menggunakan nilai yang direkomendasikan oleh badan internasional seperti IAEA [2], [3].

1.2. Perumusan Masalah

Untuk mengetahui nilai acuan ESD di suatu rumah sakit atau negara perlu dilakukan survey dan penelitian yang luas mengenai nilai ESD pada berbagai jenis pemeriksaan radiografi diagnostik, penelitian ini merupakan langkah permulaan untuk mendapatkan data ESD pada radiografi diagnostik yang akan digunakan untuk menentukan nilai DRL.

Pada penelitian ini dilakukan persiapan penelitian yaitu menentukan tebal rata-rata orang dewasa di Indonesia, dengan cara melakukan survey terhadap 537 orang dewasa, untuk mengetahui ketebalan rata-rata yang meliputi ketebalan abdomen dan pinggul, untuk posisi AP ataupun LATERAL (LAT).

Data ketebalan sampel tersebut selanjutnya digunakan untuk pemilihan sampel yang akan melakukan pemeriksaan radiografi abdomen AP, pelvis AP, lumbosakral AP atau lumbosakral LAT. Setelah ketebalan sampel diketahui kemudian mengukur ESD menggunakan TLD.

Untuk menghitung faktor konversi phantom, dilakukan pengukuran ESD pada permukaan phantom dengan menggunakan TLD untuk jenis pemeriksaan

abdomen, kondisi eksposi sama dengan kondisi pada saat pengambilan data ESD pada sampel.

Permasalahan pada penelitian ini adalah bagaimana hubungan antara ketebalan dengan ESD, apakah nilai ESD dari hasil penelitian ini masih berada di bawah nilai panduan yang direkomendasikan oleh IAEA. Selain itu untuk mempermudah penelitian ESD abdomen dimasa datang, peneliti membuat sendiri phantom abdomen (berdasarkan *AAPM Report No. 31*), permasalahan yang muncul adalah apakah nilai faktor konversi phantom abdomen tergantung pada ketebalan atau tidak.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah memperoleh data *Entrance Surface Dose* (ESD) pada jenis pemeriksaan radiografi abdomen AP, pelvis AP, lumbosakral AP dan LAT untuk orang dewasa, kemudian hasil pengukuran ESD dibandingkan dengan tingkat panduan yang direkomendasikan IAEA (diadopsi oleh BAPETEN). Selain mendapatkan data ESD di rumah sakit, penelitian ini juga bertujuan membuat phantom abdomen berdasarkan *AAPM Report No. 31* (*phantom ANSI / American National Standard Institute*).

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah untuk keselamatan pasien di rumah sakit, data ESD yang diperoleh akan menjadi dosis acuan untuk pemeriksaan radiografi diagnostik khusus untuk orang dewasa.

Sedangkan manfaat pembuatan phantom abdomen adalah untuk memudahkan pengukuran ESD abdomen di masa depan, sehingga lebih menghemat waktu dan tenaga.

1.5. Batasan Penelitian

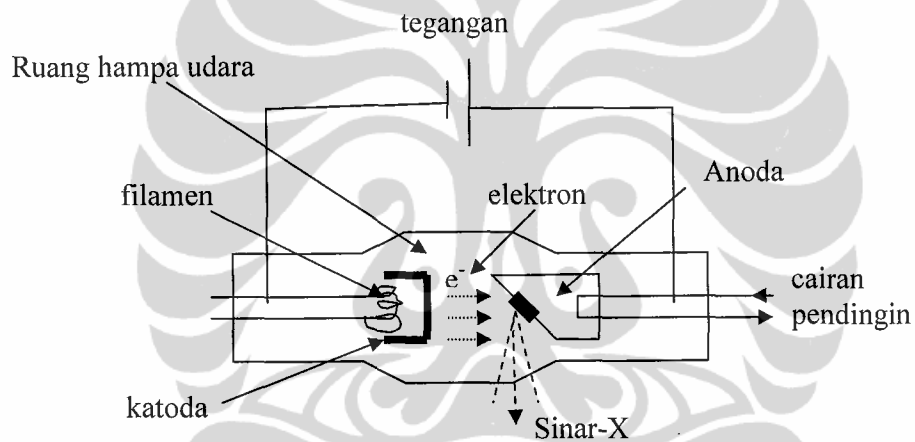
Penelitian ini dibatasi pada pembahasan mengenai dosis radiasi yang diterima permukaan kulit sampel (ESD) untuk jenis pemeriksaan radiografi abdomen AP, pelvis AP, lumbosakral AP dan LAT dengan menggunakan reseptor *Computed Radiography*, khusus untuk pasien dewasa di 3 (tiga) rumah sakit di Jakarta (rumah sakit A, B dan C) serta proses pembuatan phantom abdomen berdasarkan AAPM Report No. 31 (phantom ANSI).



BAB 2 TEORI

2.1. Pesawat Sinar-X

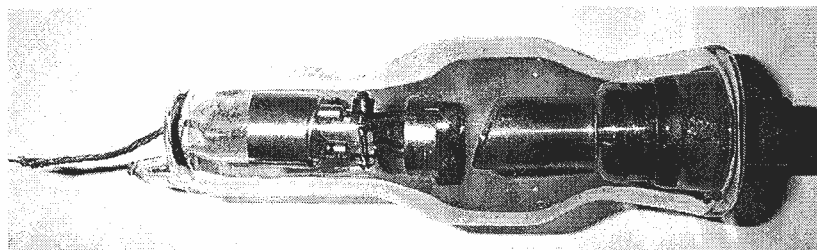
Sinar-X ditemukan oleh Wilhelm Conrad Rontgen seorang berkebangsaan Jerman pada tahun 1895. Penemuannya diilhami dari hasil percobaan percobaan sebelumnya antara lain dari J.J Thomson mengenai tabung katoda dan Heinrich Hertz tentang foto listrik. Kedua percobaan tersebut mengamati gerak elektron yang keluar dari katoda menuju ke anoda yang berada dalam tabung kaca yang hampa udara [8].



Gambar 2.1. Komponen pesawat sinar-X

Telah diolah kembali dari buku "The Essential Physics of Medical Imaging" karangan JT Bushberg, dkk

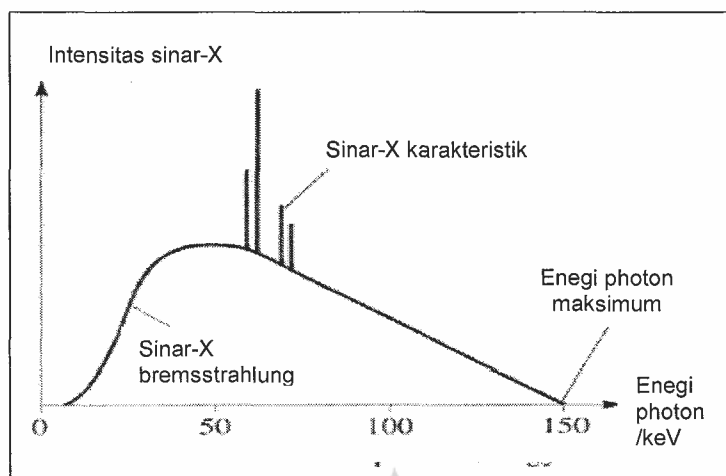
Sinar-X dihasilkan ketika elektron berenergi tinggi berinteraksi dengan material dan mengubah energinya menjadi radiasi elektromagnetik. Komponen pesawat sinar-X terdiri dari sumber elektron (katoda), elektroda target (anoda), sumber tegangan dan tabung vakum [1] (gambar 2.1 dan gambar 2.2).



Gambar 2.2. Tabung pesawat sinar-X [23]

Sinar-x yang dihasilkan oleh sebuah sumber dapat terdiri dari dua jenis yaitu sinar-X bremsstrahlung dan karakteristik. Sinar-X bremsstrahlung terjadi pada saat elektron bergerak dengan kecepatan tinggi, saat melintas dekat inti atom, maka gaya tarik inti atom yang kuat akan menyebabkan elektron membelok dengan tajam. Peristiwa itu menyebabkan elektron kehilangan energinya dengan memancarkan radiasi elektromagnetik yang dikenal sebagai sinar-X bremsstrahlung. Proses pengereman ini dapat berlangsung baik secara tiba-tiba ataupun secara perlahan-lahan, sehingga energi sinar-x yang dihasilkannya akan memiliki rentang energi yang sangat lebar. Jika elektron tersebut direm secara tiba-tiba, maka seluruh energi kinetiknya akan diubah seketika menjadi energi sinar-x dan energi panas yang menumpuk pada anoda [1]. Sinar-X ini digunakan dalam radiografi diagnostik.

Sinar-X karakteristik terbentuk akibat adanya proses transisi eksitasi elektron di dalam anoda, terbentuk melalui proses perpindahan elektron atom dari tingkat energi yang lebih tinggi menuju tingkat energi yang lebih rendah. Sinar-X jenis ini digunakan pada mammography dan difraksi sinar-X. Spektrum sinar-x karakteristik muncul secara tumpang tindih dengan spektrum bremsstrahlung, seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Spektrum sinar-X bremsstrahlung dan karakteristik dengan target tungsten

Telah diolah kembali dari buku "The Essential Physics of Medical Imaging" karangan JT Bushberg, dkk)

2.2. Entrance Surface Dose (ESD)

Pada suatu pemeriksaan radiologi, dosis yang diterima oleh seluruh tubuh bervariasi, dan dosis maksimum terjadi pada kulit yang menerima berkas radiasi primer [2]. Dosis di permukaan kulit ini disebut *Entrance Surface Dose* (ESD). ESD biasanya diukur dalam satuan mGy, adalah dosis yang diabsorpsi pada permukaan kulit pasien di pusat lapangan penyinaran, termasuk radiasi hamburan balik (*backscatter*) dari organ di bawah kulit [5],[6],[7].

ESD direkomendasikan oleh *International Atomic Energy Agency* (IAEA) sebagai *guidance levels* atau *diagnostic reference level* dalam radiografi diagnostik yang menunjukkan dosis maksimum yang dapat diterima permukaan kulit pasien [5]. IAEA menyatakan bahwa *guidance levels* tersebut ditujukan untuk menentukan dosis radiasi yang *reasonable* (masuk akal) untuk ukuran pasien rata-rata. *Guidance levels* bersifat dinamis karena dosis radiasi yang *reasonable* harus mengikuti kemajuan teknologi sesuai dengan zamannya. *Guidance level* juga dimaksudkan untuk menyediakan pedoman mengenai apa yang dapat dicapai dalam praktek yang saat ini dirasa cukup baik dan harus

diperbaiki seiring dengan perkembangan teknologi dan teknik. Nilai ESD yang direkomendasikan oleh badan internasional seperti IAEA, dapat dilihat pada tabel 2.1 [5].

Nilai ESD dapat diketahui melalui 2 (dua) cara yaitu pengukuran secara langsung dengan menggunakan *termoluminescence Dosimeter* (TLD) dan pengukuran secara tidak langsung dengan menggunakan parameter eksposi radiasi keluaran pesawat sinar-X (kV, mAs, luas lapangan penyinaran, HVL, tebal pasien) untuk menghitung *Incident Air Kerma* (K_i) dan *Entrance surface Air Kerma* (K_e) menggunakan tabel *backscatter factors* [16]. *Entrance surface Air Kerma* (ESAK) merupakan nilai ESD yang diperoleh dari pengukuran secara tidak langsung.

Tabel 2.1. Pedoman tingkat dosis radiografi diagnostik bagi pasien dewasa [5].

Pemeriksaan	ESD (mGy)	
Lumbal (<i>Lumbar spine</i>)	AP	10
	LAT	30
	LSJ	40
Abdomen	AP	10
Pelvis	AP	10
Sendi panggul (<i>Hip joint</i>)	AP	10
Paru (<i>Chest</i>)	PA	0.4
	LAT	1.5
Torakal (<i>Thoracic spine</i>)	AP	7
	LAT	20
Gigi (<i>Dental</i>)	Periapical	7
	AP	5
Kepala (<i>Skull</i>)	PA	5
	LAT	3
	LAT	20

Keterangan : PA : proyeksi posterior anterior, LAT: proyeksi lateral, LSJ: proyeksi lumbo-sacral-joint, AP: proyeksi anterior posterior

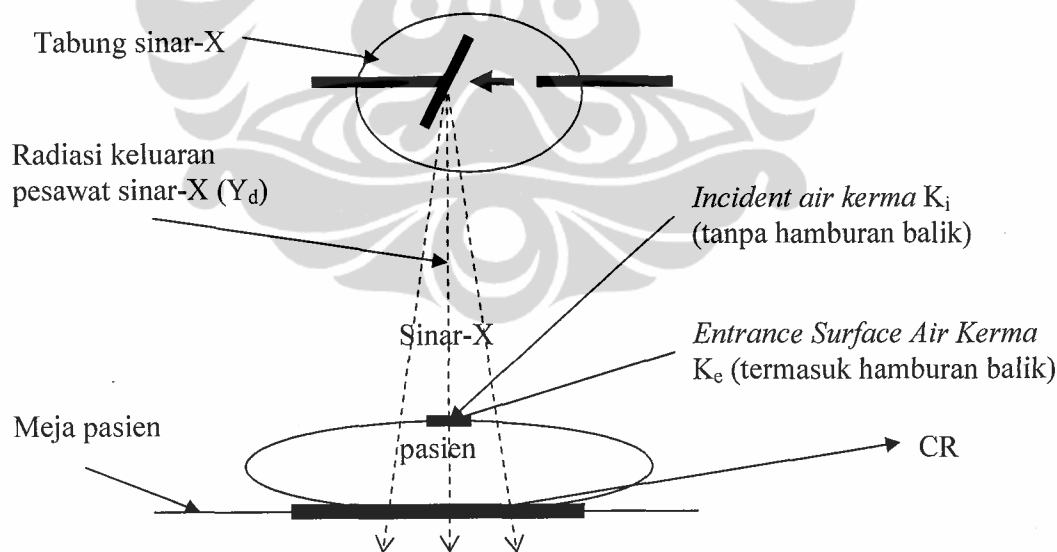
Diambil dari *Basic Safety Series 115* IAEA (diadopsi oleh bapeten: Keputusan Kepala BAPETEN No. 01-P/Ka-BAPETEN/I-03)

2.3. Incident Air Kerma (K_i)

Incident Air Kerma merupakan dosis serap di udara yang diukur pada sebuah titik permukaan suatu obyek, pada jarak tertentu dari fokus pesawat sinar-X di pusat lapangan penyinaran, tidak termasuk radiasi hamburan balik (*backscatter*), untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2.4. Untuk mengetahui besarnya nilai *Incident Air Kerma* digunakan persamaan (2.1) [16]:

$$K_i = Y(d)P_{it} \left(\frac{d}{d_{FTD} - t_p} \right)^2 \quad (2.1)$$

Dimana K_i adalah *Incident Air Kerma*, Y_d adalah radiasi keluaran pesawat sinar-X yang terukur pada jarak d , P_{it} adalah parameter pesawat sinar-X pada saat eskposi dilakukan (mAs), d adalah jarak antara fokus dan detector, d_{FTD} adalah jarak fokus dengan meja pasien, dan t_p adalah tebal pasien.



Gambar 2.4. Diagram pengukuran K_i dan K_e [16]

Telah diolah kembali dari TRS 457 IAEA

2.4. Entrance surface Air Kerma (K_e)

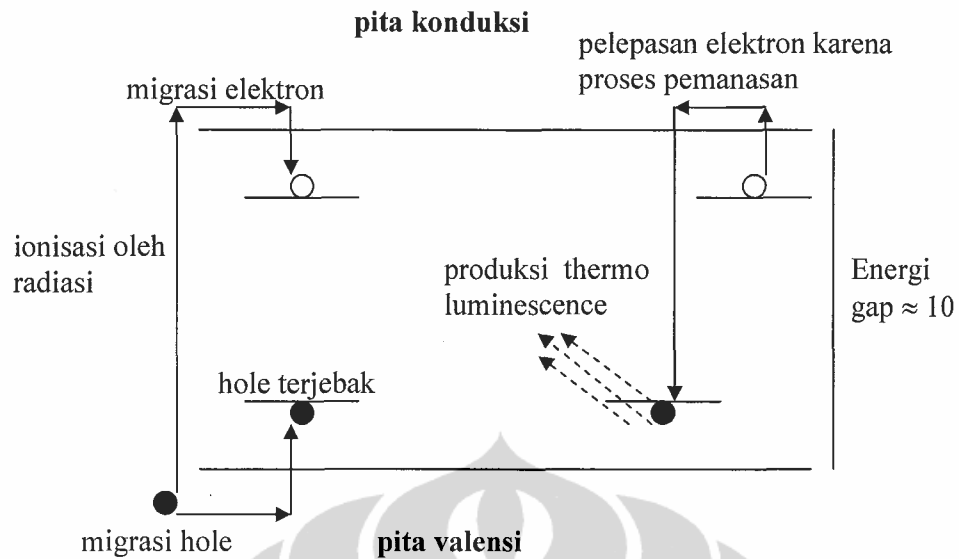
Entrance surface Air Kerma (ESAK) merupakan dosis serap di udara termasuk kontribusi dari hamburan yang diukur pada sebuah titik di permukaan suatu obyek pada jarak tertentu dari fokus pesawat sinar-X di pusat lapangan penyinaran. *ESAK* merupakan *Entrance Surface Dose (ESD)* yang dihasilkan dari perhitungan dosis secara tidak langsung (*indirect measurement*). Hubungan antara *incident air kerma* dan *entrance surface air kerma* dapat dilihat pada persamaan (2.2) berikut ini : [16]

$$K_e = K_i \cdot B \quad (2.2)$$

Dimana B adalah faktor hamburan balik (*backscatter factor*)

2.5. Thermoluminescence Dosimeter (TLD)

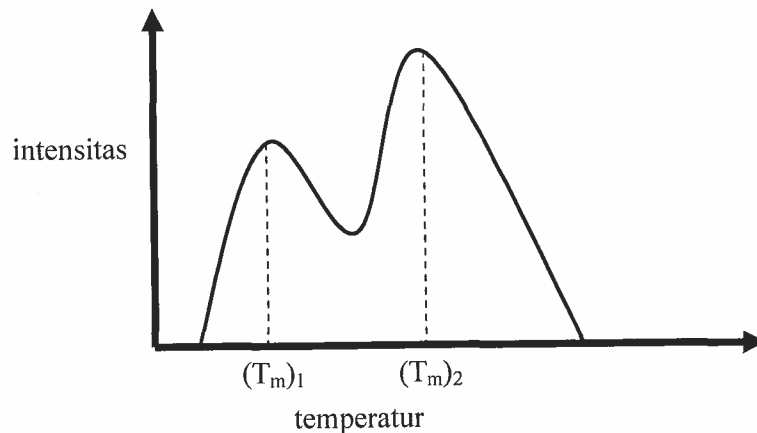
Thermoluminescence Dosimeter (TLD) dapat digunakan untuk mengukur besar dosis radiasi yang diterima di permukaan kulit pasien. TLD merupakan alat pemantau dosis perorangan yang prinsip kerjanya berdasarkan pada fenomena *thermoluminescence*. TLD terbuat dari bahan kristalin yang memiliki impuritas yang akan mengakibatkan terbentuknya tambahan tingkat energi di antara pita valensi dan konduksi (gambar 2.5). Tambahan tingkat energi yang dekat dengan pita konduksi disebut perangkap elektron (*electron trap*), sedangkan tambahan tingkat energi yang dekat dengan pita valensi disebut perangkap *hole*. Saat TLD menerima radiasi, elektron menerima energi dan tereksitasi ke pita konduksi, elektron tersebut akan turun dan terperangkap pada perangkap elektron. Muatan positif yang ditinggalkan elektron akan terperangkap pada perangkap *hole*. Pada waktu pembacaan oleh *TLD reader*, TLD dipanaskan sehingga kenaikan temperturnya linier terhadap waktu sampai suhu maksimum untuk membebaskan elektron yang terperangkap sehingga *electron trap* akan jatuh ke tingkat yang lebih rendah pada pita valensi dan bersatu kembali dengan *hole* sambil memancarkan cahaya, yang disebut *thermoluminescence* [8].



Gambar 2.5. Proses *thermoluminescence* [8]

Telah diolah kembali dari buku "Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry" karangan Frank H. Attix

Intensitas total cahaya yang terpancar dari TLD sebanding dengan energi yang diserap oleh TLD, yang berarti berbanding lurus pula dengan dosis radiasi. Intensitas cahaya yang dipancarkan dapat mempunyai puncak spektrum yang terjadi pada temperatur T_m (*glow peak*). Semakin banyak tingkat energi di *electron trap*, semakin banyak *glow peak* yang akan terjadi. Kumpulan *glow peak* akan membentuk *glow curve*, yang dapat diproyeksikan terhadap temperatur maupun waktu [8].



Gambar 2.6. *Glow curve vs temperature* [8]

Telah diolah kembali dari buku "Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry" karangan, Frank H. Attix

Intensitas cahaya yang dibaca oleh TLD *reader* berubah menjadi sinyal yang diukur dengan satuan *nC* (*nano Coulomb*). Dosis radiasi (*D*) yang diterima TLD dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$D = R(nC) \times FK (mGy/nC) \quad (2.3)$$

Keterangan :

D = Dosis radiasi yang diterima TLD (*mSv*)

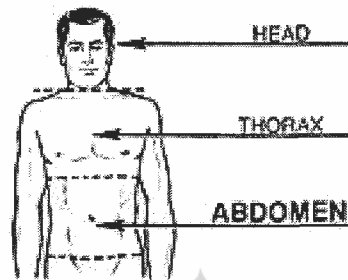
R = Bacaan intensitas TL (*nC*)

FK = Faktor kalibrasi (*mGy/nC*)

2.6. Anatomi

Pemeriksaan radiografi diagnostik terhadap suatu organ tubuh biasanya dilakukan secara AP, PA atau Lateral. AP adalah Anteroposterior, suatu posisi dimana sinar-X datang dari arah depan tubuh pasien ke arah belakang. PA adalah posterior-anterior, yaitu suatu posisi pemeriksaan sinar-X dimana sinar-X datang dari arah belakang tubuh pasien ke arah depan. Sedangkan lateral adalah posisi pemeriksaan dimana sinar-X datang dari arah samping [35].

Abdomen adalah bagian dari tubuh yang berada di antara thorax dan pelvis. Secara umum sering pula disebut dengan *perut*. Bagian yang ditutupi atau dilingkupi oleh abdomen adalah *cavitas abdominalis* atau rongga perut.

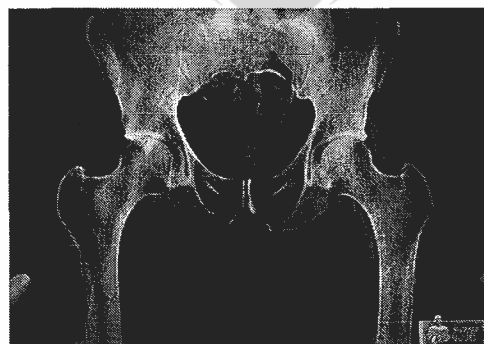


Gambar 2.7. Gambar lokasi abdomen [36]

Pemeriksaan abdomen AP dilakukan pada pasien yang menderita batu ginjal, usus buntu (*appendicogram*), obstruksi dan BNO IVP (*intra venous pyelography*) yang bertujuan untuk melihat gambaran anatomi dari ginjal dan sistem *calyses* dari seluruh *tractus urinarius* [42].

Pelvis adalah bagian pinggul, merupakan struktur tulang yang mendukung organ-organ dalam perut bagian bawah pada manusia dan vertebrata lainnya dan berfungsi sebagai tempat untuk otot-otot yang menggerakkan anggota tubuh bagian bawah/kaki.

Pemeriksaan pelvis AP dilakukan pada pasien setelah melakukan fluoroskopi *hysterosalpingogram* (*HSG*), pasien yang mengalami fraktur pelvis (akibat terjatuh atau kecelakaan) dan pasien yang menderita batu pada buli-buli.



Gambar 2.8. Contoh gambar sinar-X untuk pelvis [37]

Lumbosakral adalah tulang yang menghubungkan antara tulang lumbar (tulang belakang perut) dengan sacrum (tulang besar berbentuk segitiga di bagian belakang pinggul).



Gambar 2.9. Contoh gambar sinar-X untuk lumbosakral [38]

Pemeriksaan lumbosakral biasanya dilakukan pada pasien yang memiliki keluhan nyeri pinggang dan nyeri tulang belakang, untuk melihat kondisi tulang belakang.

BAB 3

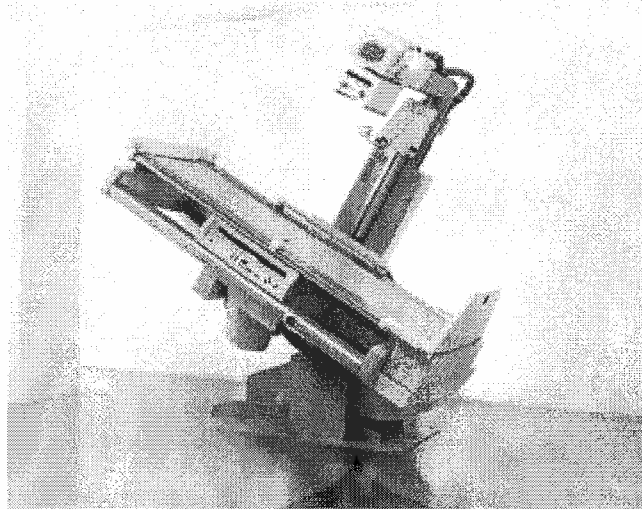
METODE PENELITIAN

Penelitian ini terdiri dari 3 (tiga) tahapan, tahapan pertama adalah sampling tebal rata-rata orang, meliputi tebal abdomen dan tebal pinggul, data tebal rata-rata ini diperoleh dari sekitar 537 orang. Setelah mengetahui tebal rata-rata maka penelitian dilanjutkan ke tahapan kedua yaitu pengukuran dosis permukaan kulit pasien (ESD) untuk jenis penyinaran abdomen, pelvis dan lumbosakral untuk ketebalan yang telah ditentukan. Selanjutnya hasil pengukuran ESD dibandingkan dengan tingkat panduan yang direkomendasikan IAEA (diadopsi oleh BAPETEN). Tahapan ketiga adalah pembuatan phantom abdomen berdasarkan AAPM Report No. 31 dan No. 60 [11], [12], menggunakan bahan akrilik dan aluminium.

Penentuan nilai ESD dilakukan dengan 2 (dua) cara. Pertama, pengukuran secara langsung (*direct measurement*) menggunakan TLD yang diletakkan dipermukaan kulit pasien pada pusat lapangan penyinaran. Kedua, pengukuran secara tidak langsung (*indirect measurement*) menggunakan parameter pesawat sinar-X pada saat eksposi (kV, mAs, luas lapangan penyinaran, HVL, tebal pasien) untuk menghitung *entrance surface air kerma* (ESAK) dengan *backscatter factors* dari TRS 457 IAEA. Selain itu dalam penelitian ini juga dilakukan perhitungan untuk mencari faktor konversi phantom abdomen.

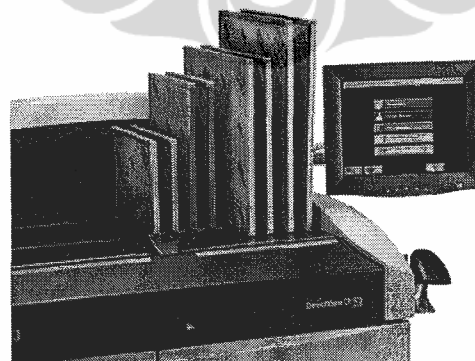
3.1. Peralatan

Dalam penelitian ini menggunakan pesawat sinar-X yang ada di Rumah Sakit yaitu di RS. A menggunakan pesawat Siemens Optilix, no. seri 1131618 dengan tegangan maksimum 150 kV, *inherent* filter 1,5 mmAl dan filter tambahan 1 mm Al. Sedangkan di RS. B menggunakan Pesawat Siemens Vertix U, Model No. 1161525 X 1122, no. seri 03097 S 20, tegangan maksimum 125 kV, dan total filter 1,5 mmAl pada 80 kV. Dan di RS. C menggunakan Pesawat Siemens AXIOM Iconos R100 dengan no. seri 426136, tegangan maximum 150 kV-500 mAs, *inherent* filter 1,5 mm AL dan filter tambahan 1 mm Al.



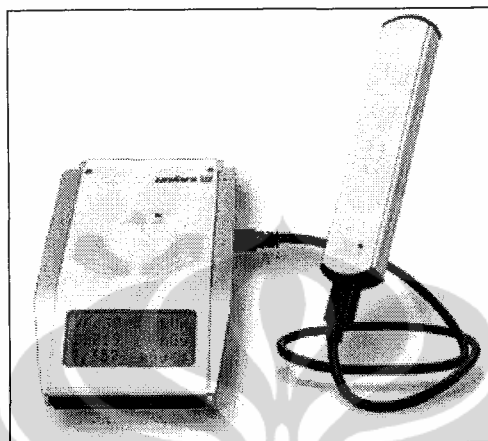
Gambar 3.1. Pesawat sinar-X [28]

Reseptor yang digunakan di ketiga rumah sakit adalah CR (*Computed Radiography*) merk Kodak. CR merupakan sebuah istilah untuk photostimulable phosphor detector (PSP) system. Fosfor yang digunakan pada screen film, memancarkan cahaya ketika diekspose dengan sinar-X. Ketika sinar-X diserap oleh photostimulable phosphor, beberapa cahaya juga diemisikan dengan segera, namun banyak dari energi sinar-X yang terserap terperangkap didalam screen PSP dan dapat dibaca kemudian. Untuk alasan ini PSP *screen* disebut juga dengan nama *storage phosphors* atau *imaging plates* atau kaset digital [39].



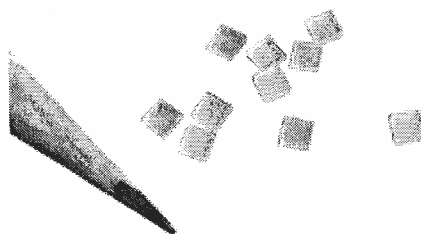
Gambar 3.2. Kaset PSP (*photostimulable storage phosphor*) pada system *Computed Radiography* [29]

Peralatan yang digunakan untuk pemeriksaan kondisi pesawat sinar X adalah detektor *unfors* model Xi (gambar 3.3). Meliputi pemeriksaan kV, waktu, HVL dan radiasi keluaran pesawat sinar-X.



Gambar 3.3. Detektor Unfors Xi [27]

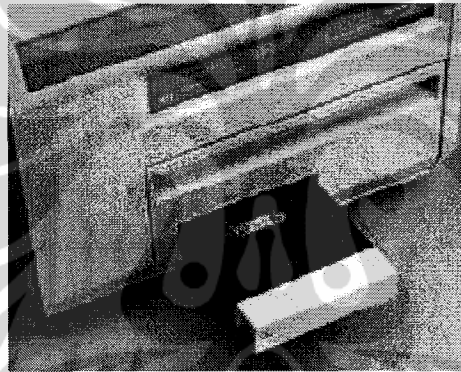
Pengukuran dosis dilakukan dengan *thermoluminescence dosimeter* (TLD) untuk mengukur *entrance surface dose* (ESD) pada jenis pemeriksaan abdomen, pelvis dan lumbosakral. TLD yang digunakan adalah jenis TLD-100 terbuat dari kristal LiF dengan dimensi 3,175 mm x 3,175 mm x 0.9 mm buatan Harshaw Chemical & Co. TLD-100 [13], pembacaan TLD menggunakan TLD reader Harshaw 3500, salah satu kelebihan dari TLD reader ini adalah dapat mengurangi radiasi *background* secara otomatis, sehingga hasil bacaan TLD merupakan hasil akhir yang tidak perlu dikurangi radiasi *background* lagi.



Gambar 3.4. Kepingan TLD [26]



Gambar 3.5. TLD reader Harshaw [13]

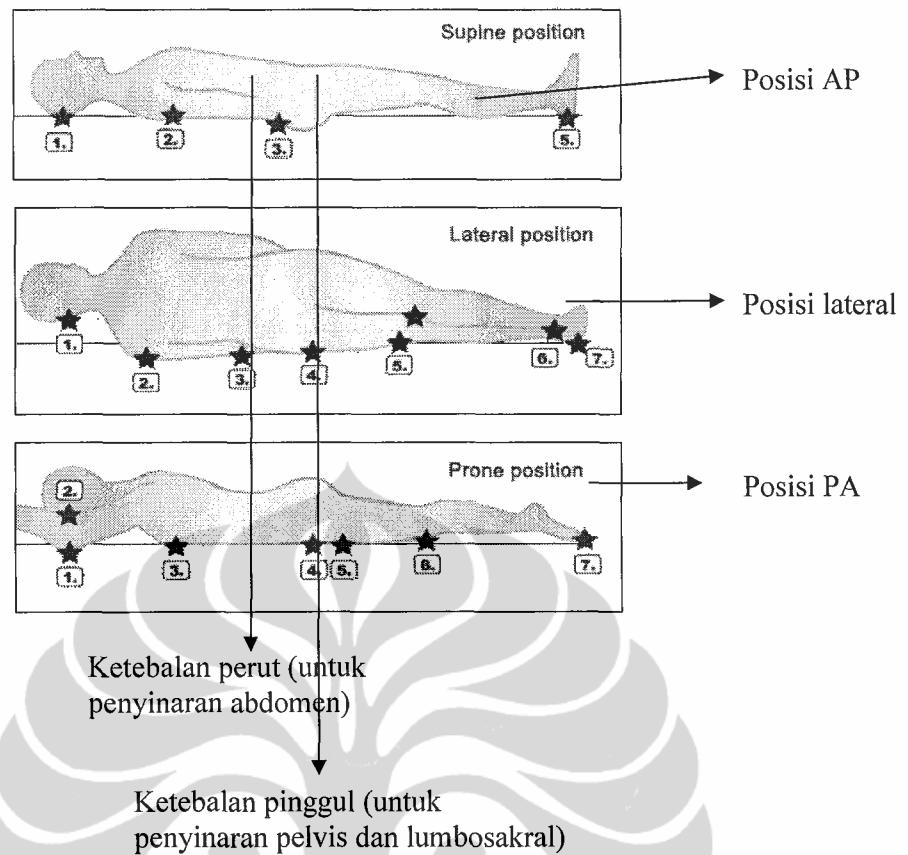


Gambar 3.6. Tempat meletakkan chip TLD pada TLD reader [13]

3.2. Metode

3.2.1. Sampling ketebalan rata-rata orang dewasa

Data ketebalan abdomen dan pinggul orang dewasa diambil dari 537 sampel. Pada posisi AP, ketebalan yang diambil adalah jarak dari permukaan kulit bagian depan ke bagian belakang, ketebalannya diukur dari samping dengan penggaris berbentuk jangka sorong berukuran besar. Sedangkan pada posisi lateral, ketebalan yang diambil adalah jarak antara permukaan kulit dari bagian samping kanan ke samping kiri atau sebaliknya.



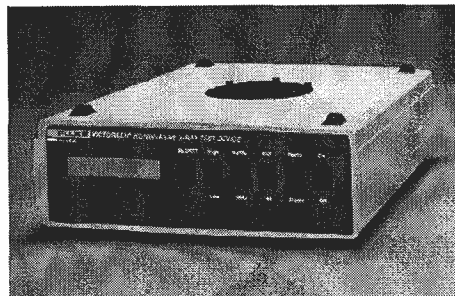
Gambar 3.7. Posisi AP dan lateral [40]

Dari data 537 orang diketahui tebal rata-rata abdomen orang dewasa untuk posisi AP adalah antara 14-32 cm dan untuk posisi lateral adalah antara 19-39 cm, sedangkan tebal rata-rata pinggul orang dewasa untuk posisi AP adalah antara 15-35 cm dan untuk posisi lateral adalah antara 20,5-40 cm. Data ketebalan rata-rata ini selanjutnya digunakan untuk menentukan pengambilan dosis pasien.

3.2.2. Kalibrasi TLD

Kalibrasi TLD dilakukan pada tegangan 60 kV, 70 kV, 80 kV dan 90 kV. TLD yang sudah dikelompokkan diletakkan di atas phantom dan disinari dengan radiasi sinar-X, jarak antara fokus dan TLD 82.5 cm. Setelah pengukuran TLD,

dilakukan pengukuran radiasi output menggunakan detektor *ionization chamber* merk Victoreen model 4000M+ pada jarak 100 cm dari fokus.



Gambar 3.8. Detektor *ionization chamber* merk Victoreen model 4000M+ [42]

Dosis pada TLD di tentukan besarnya pada jarak 100 cm menggunakan rumus kuadrat terbalik (*inverse square law*):

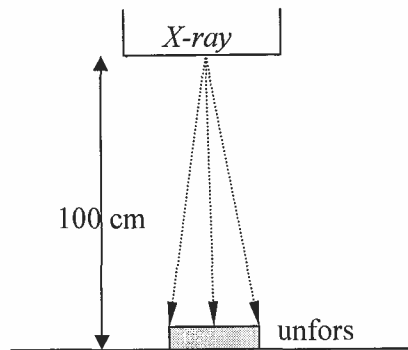
$$\frac{I_1}{(d_1)^2} = \frac{I_2}{(d_2)^2} \quad (3.1)$$

Keterangan : I_1 : Intensitas radiasi mula-mula
 I_2 : Intensitas radiasi akhir
 d_1 : Jarak mula-mula
 d_2 : Jarak akhir

Setelah didapat dosis pada jarak yang sama antara TLD dan detektor, kemudian dibandingkan sehingga diperoleh faktor kalibrasi untuk TLD.

3.2.3. Pemeriksaan Kondisi Pesawat Sinar-X

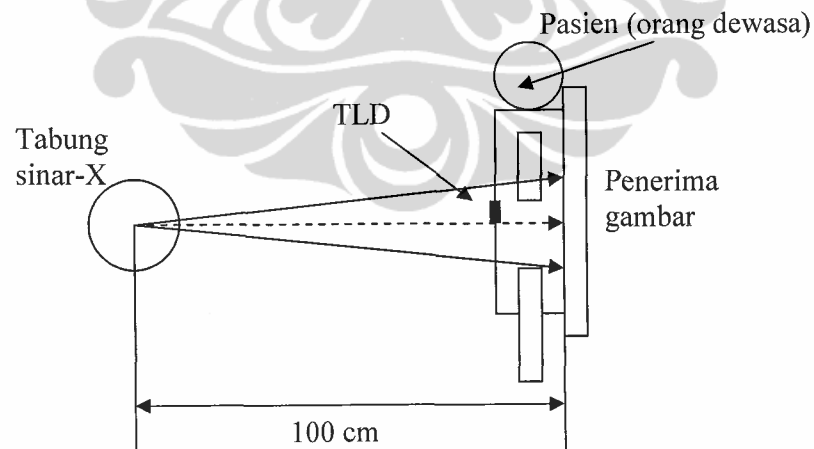
Untuk mempersiapkan penelitian, dilakukan pemeriksaan kondisi pesawat sinar X meliputi pemeriksaan kV, HVL dan *reproducibility* dengan detektor *unfors*. Skema pengukuran dapat dilihat pada gambar 3.9.[14].



Gambar 3.9. Posisi detektor unfors [14].

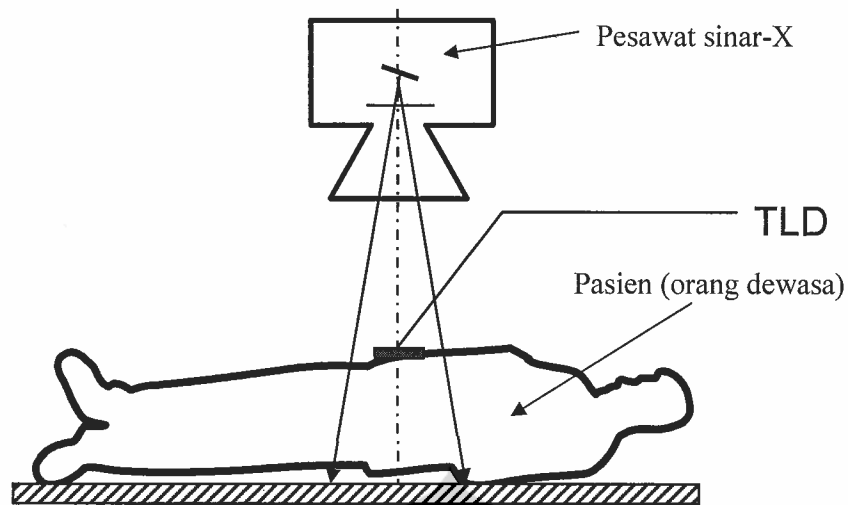
3.2.4. Pengukuran dosis

Pengambilan data ESD pada pemeriksaan *abdomen, pelvis dan lumbo sakral* (AP dan lateral) dilakukan dengan menempelkan tiga keping TLD pada permukaan kulit pasien di pusat lapangan penyinaran, sesaat sebelum dilakukan eksposi. Posisi TLD pada pasien dapat dilihat pada gambar 3.10. dan 3.11. Pengambilan data ESD ini dilaksanakan di Instalasi Radiologi di 3 (tiga) Rumah Sakit yaitu RS. A, RS. B dan RS. C. Sebanyak kurang lebih 149 pasien terlibat dalam pengambilan data ESD ini, terdiri dari 39 data abdomen, 19 data pelvis, 47 data lumbosakral AP dan 44 data lumbosakral lateral.



Gambar 3.10. Posisi TLD pada pasien yang berdiri [16]

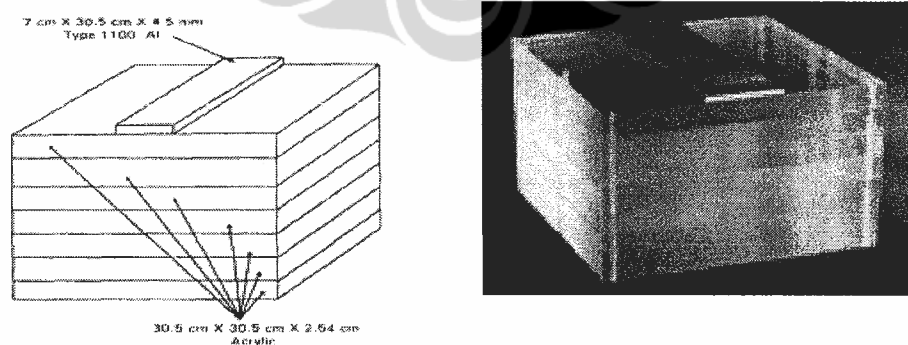
Telah diolah kembali dari TRS 457 IAEA



Gambar 3.11. Posisi TLD pada pasien yang berbaring [14].

3.2.5. Pembuatan Phantom Abdomen

Membuat phantom abdomen sesuai dengan AAPM (*the American Association of Physicists in Medicine*) Report No. 31, phantom ini juga biasa disebut sebagai phantom ANSI (*American National Standard Institute*). Phantom terdiri dari 7 lapis akrilik bening dengan ukuran 30.5 x 30.5 x 2.54 cm, untuk ketebalan total 17.78 cm, dan satu lapis aluminium (type 1100 alloy) berukuran 7.0 cm x 30.5 cm x 4.5 mm, sebagai atenuasi tambahan di daerah *spinal* (tulang belakang) [11], [12], [16].



Gambar 3.12. Phantom Abdomen [11], [12], [30]

Untuk mengetahui faktor koreksi phantom, maka pengambilan data dilakukan pada phantom dengan kondisi (kV, mAs dan luas lapangan penyinaran) sesuai dengan kondisi pada saat pengambilan data pada sampel pasien dengan menggunakan TLD. Rumus yang digunakan untuk menghitung faktor konversi phantom adalah:

$$\text{Faktor konversi phantom abdomen} = \frac{\text{ESD pasien}}{\text{ESD phantom}} \quad (3.2)$$



BAB 4
HASIL PENELITIAN

4.1. Tebal rata-rata orang dewasa

Penelitian diawali dengan pengambilan data tebal rata-rata, melibatkan 537 orang untuk memperoleh tebal abdomen (perut) dan pinggul rata-rata, data ini selanjutnya digunakan sebagai persyaratan pengambilan sampel dosis. Setiap pasien diukur ketebalan perut dan pinggangnya, pada posisi Asterior Posterior (AP) dan posisi Lateral (LAT). Hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1. Tebal perut dan pinggul rata-rata orang dewasa (537 orang)

Usia (tahun)	L/P	Jml orang	Rata-rata (cm)			
			Tebal perut		Tebal pinggul	
			AP	Lateral	AP	Lateral
> 50	L	44	22,25±3,97	27,59±4,01	24,22±3,28	32,17±2,51
	P	25	21,26±3,72	25,32±4,58	24,46±3,69	31,05±2,13
30≤u≤50	L	128	20,76±3,64	26,61±3,52	22,91±2,99	31,65±2,42
	P	160	21,20±3,39	25,55±3,08	24,77±3,37	32,28±2,81
<30	L	92	18,47±2,19	24,70±2,64	21,03±2,20	30,28±2,03
	P	88	19,34±2,68	23,92±2,47	22,86±2,76	31,37±2,40

Dari tabel 4.1 diketahui ternyata perbedaan ketebalan perut dan pinggul antara laki-laki dan perempuan dewasa kecil, maka data penelitian tidak berdasarkan pada perbedaan jenis kelamin, melainkan pada perbedaan ketebalan (table 4.2), rentang ketebalan dibagi menjadi 3 kelompok untuk masing-masing jenis penyinaran, yaitu kecil (S), sedang (M) dan besar (L).

Tabel 4.2. Ketebalan abdomen dan pinggul berdasarkan ukuran kecil (S), sedang (M) dan besar (L).

Jenis penyinaran	Rentang Ketebalan (cm)	Interval untuk tiap ukuran (cm)		
		S (kecil)	M (sedang)	L (besar)
Abdomen AP	14-32	14-19,9	20-25,9	26-32
Abdomen Lat	19-39	19-25,9	26-32,9	33-39
Pinggul AP	15-35	15-21,9	22-28,9	29-35
Pinggul Lat	20.5-40	20,5-26,9	27-33,9	34-40

4.2. Pemeriksaan Kondisi Pesawat Sinar-X

Hasil pengujian pesawat sinar-X dilakukan dengan *unfors* untuk mengetahui kesesuaian kV dan mengetahui nilai HVL nya. Data kesesuaian kV dapat dilihat pada table 4.3. Pengukuran ini dilakukan pada kondisi 20 mAs dan jarak dari fokus ke detektor 100 cm.

Tabel 4.3. Tabel kesesuaian tegangan pada panel dan tegangan terukur serta HVL

kV	RS. B			RS. C			RS. A		
	kVp	Deviasi (%)	HVL (mmAl)	kVp	Deviasi (%)	HVL (mmAl)	kVp	Deviasi (%)	HVL (mmAl)
50	49,44	1.1	1.89	50.07	0.1	1.88	-	-	-
60	58.97	1.7	2.28	59.61	0.7	2.27	60.69	1.2	2.53
70	68.92	1.5	2.66	69.98	0.0	2.64	71.24	1.8	2.97
81	80.25	0.9	3.07	80.86	0.2	3.05	83.55	3.1	3.46
90	89.26	0.8	3.39	89.85	0.2	3.37	92.87	3.2	3.82

Hasil pengukuran menunjukkan semua pesawat memiliki deviasi tegangan dibawah 5 % dan HVL lebih besar dari 2,3 mmAl pada tegangan 80kV. Berdasarkan *EPA* [9] dan *RCWA Specification* [10], syarat kelayakan sebuah pesawat sinar-X adalah deviasi antara tegangan di panel dan tegangan terukur lebih kecil atau sama dengan 5 % dan memiliki HVL minimum lebih besar dari 2,3 mmAl pada tegangan 80 kV, sehingga pesawat yang digunakan dalam penelitian ini telah memenuhi persyaratan yang direkomendasikan.

4.3. Data Dosis (ESD)

Pengukuran dosis dilakukan di instalasi radiologi di 3 (tiga) rumah sakit, untuk abdomen, pelvis dan lumbosacral. Untuk abdomen dan pelvis pengambilan data hanya dilakukan untuk posisi penyinaran anterior posterior (AP) sedangkan untuk lumbosacral pengambilan data dilakukan untuk posisi anterior posterior (AP) dan lateral (LAT). Pengambilan data ESD ini melibatkan 149 pasien, terdiri dari 39 data dosis untuk abdomen AP, 19 data dosis untuk pelvis AP, 47 data dosis untuk lumbosacral AP dan 44 data dosis untuk lumbosacral lateral. Data hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4. Nilai ESD dari pengukuran langsung dengan menggunakan TLD untuk tiap jenis penyinaran

Jenis penyinaran	Jml Data	ukuran	Rentang dosis (mGy)	Rata-rata (mGy)	ESD (Kuartil ke-3) mGy	ESD (mGy) BSS-115
Abdomen AP	39	S	0.562-1.757	1.164±0.357	1.902 ± 0.437	10
		M	1.061-1.998	1.633±0.297		
		L	1.242-4.499	2.139±0.821		
Pelvis AP	19	-	0.828-2.519	1.475±0.469	1.575 ± 0.310	10
Lumbosacral AP	47	S	1.041-4.257	2.236±0.969	4.246 ± 1.500	10
		M	1.178-5.202	3.070±1.360		
		L	0.987-10.589	4.835±2.705		
Lumbosacral LAT	44	S	0.876-8.372	5.000±2.561	9.072 ± 3.402	30
		M	1.713-10.724	6.471±3.128		
		L	2.203-15.253	8.948±4.690		

ESD diperoleh dari pengukuran secara langsung (*direct measurement*) dan pengukuran tidak langsung (*indirect measurement*). Analisa data terdiri dari 2 (dua) bagian. Bagian pertama, analisa data pada pengukuran secara langsung dengan menggunakan TLD dan hasilnya dibandingkan dengan dosis acuan (*guidance level IAEA*), bagian kedua adalah menghitung ESD secara tidak langsung dan membandingkan ESD antara pengukuran secara langsung dan pengukuran secara tidak langsung.

Kondisi eksposi (kV dan mAs) pesawat sinar-X yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 4.5.

Tabel 4.5. Kondisi eksposi

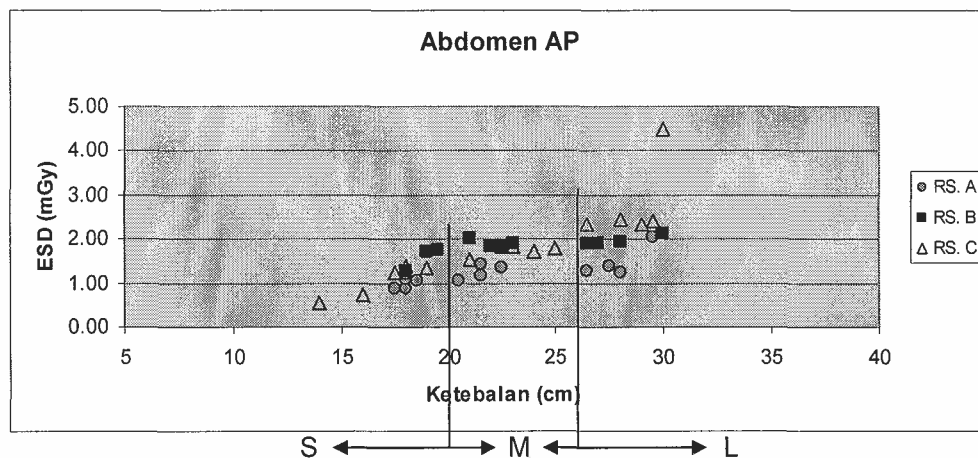
Jenis pemeriksaan	Rentang kV di tiap rumah sakit (kVp)			Rentang mAs di tiap rumah sakit (mAs)		
	A	B	C	A	B	C
Abdomen AP	73-87.5	80-88	68-87.5	16-28	31.5-36	18-50
Pelvis AP	77-87.5	-	75-77	18-32	-	18-25
Lumbosakral AP	81-85	90-113	75-90	20-25	32-71	25-50
Lumbosakral LAT	77-90	105-121	79-102	20-32	63-80	28-90

4.3.1. Pengukuran Secara Langsung (*Direct Measurement*)

Pengukuran ESD secara langsung dilakukan dengan menggunakan TLD. Distribusi nilai ESD terhadap ketebalan disajikan dalam bentuk grafik dan table.

4.3.1.1. Abdomen

Data ESD abdomen AP ini dibagi kedalam 3 (tiga) kelompok ukuran ketebalan yaitu S (kecil), M (sedang) dan L (besar), pembagian kelompok ketebalan ini dimaksudkan untuk memudahkan analisa dan memperoleh faktor konversi phantom abdomen berdasarkan ukuran ketebalan.



Gambar 4.1. Grafik hubungan antara ketebalan dengan ESD untuk jenis penyinaran abdomen AP meliputi ukuran ketebalan S (kecil), M (sedang) dan L (besar).

Tabel 4.6. Tabel ESD Abdomen untuk ukuran tebal S (14-19,9 cm)

No	Rumah Sakit	kV	HVL (mmAl)	mAs	FSD (cm)	ESD (mGy)	ESD/mAs (mGy/mAs)
1	RS. A	73	3.028	16	89.5	0.864	0.054
2	RS. A	73	3.028	16	89.5	1.082	0.068
3	RS. A	73	3.028	16	90	0.874	0.055
4	RS. A	76	3.148	17	89.5	1.211	0.071
5	RS. A	76	3.148	17	89	1.060	0.062
6	RS. B	80	2.964	36	82	1.271	0.035
7	RS. B	86	3.174	32	96	1.732	0.054
8	RS. B	88	3.244	32	95.5	1.757	0.055
9	RS. C	68	2.565	18	94	0.562	0.031
10	RS. C	68	2.565	18	92	0.724	0.040
11	RS. C	75	2.826	25	90.5	1.251	0.050
12	RS. C	75	2.826	25	89	1.363	0.055
13	RS. C	75	2.826	25	90	1.381	0.055

Untuk abdomen ukuran S, diperoleh ESD (11 dari 13 data) pada rentang antara 0.86-1.75 mGy untuk ketiga rumah sakit, dengan kondisi eksposi berada pada rentang 73-88 kV, 16-36 mAs, FSD 82-96 cm. ESD di RS. B terlihat lebih tinggi karena menggunakan kondisi eksposi (tegangan dan mAs) yang lebih tinggi

dari pada 2 rumah sakit lainnya dan HVL RS. B juga lebih kecil jika dibandingkan dengan RS. A, sehingga hal ini mempengaruhi besarnya ESD.

Tabel 4.7. Tabel ESD Abdomen untuk ukuran tebal M (20-25.9 cm)

No	Rumah Sakit	kV	HVL (mmAl)	mAs	FSD (cm)	ESD (mGy)	ESD/mAs (mGy/mAs)
1	RS. A	77	3.188	18	87	1.061	0.059
2	RS. A	79	3.268	22	86	1.163	0.053
3	RS. A	79	3.268	22	86	1.426	0.065
4	RS. A	79	3.268	22	85	1.353	0.061
5	RS. B	86	3.174	32	92.5	1.830	0.057
6	RS. B	86	3.174	32	94	1.998	0.062
7	RS. B	88	3.244	31.5	92	1.890	0.060
8	RS. B	88	3.244	31.5	93	1.840	0.058
9	RS. C	75	2.826	28	87	1.530	0.055
10	RS. C	77	2.901	32	85	1.826	0.057
11	RS. C	77	2.901	32	85.5	1.825	0.057
12	RS. C	81	3.050	32	83	1.782	0.056
13	RS. C	81	3.050	32	84	1.702	0.053

Semua data ESD abdomen AP ukuran M terdistribusi secara merata mulai dari 1,00 mGy sampai 2.00 mGy, dengan kondisi eksposi pada rentang 75-88 kV, 18-32 mAs dan FSD 85-94 cm. RS. A menunjukkan nilai ESD yang paling kecil diantara ketiganya, hal ini karena nilai HVL pesawat sinar-X di RS. A paling besar diantara ketiga rumah sakit, sehingga dosis ESD kecil, penggunaan kondisi eksposi juga lebih rendah dari pada rumah sakit lainnya.

Tabel 4.8. Tabel ESD Abdomen untuk ukuran tebal L (26-32 cm)

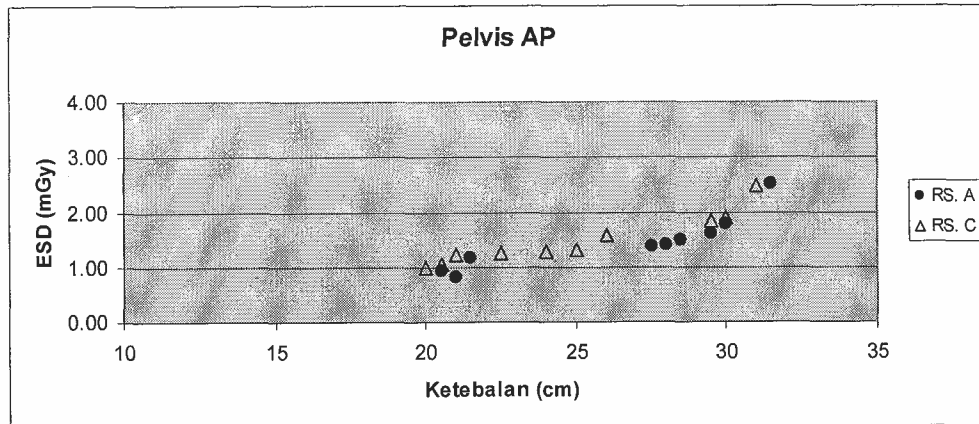
No	Rumah Sakit	kV	HVL (mmAl)	mAs	FSD (cm)	ESD (mGy)	ESD/mAs (mGy/mAs)
1	RS. A	83	3.428	25	80	1.372	0.055
2	RS. A	87.5	3.608	28	78	2.062	0.074
3	RS. A	83	3.428	25	81	1.293	0.052
4	RS. A	83	3.428	25	79.5	1.242	0.050
5	RS. B	88	3.244	31.5	88.5	1.902	0.060
6	RS. B	88	3.244	31.5	88	1.903	0.060
7	RS. B	88	3.244	31.5	87	1.924	0.061
8	RS. B	88	3.244	31.5	85	2.105	0.067
9	RS. C	81	3.050	28	81.5	2.330	0.083
10	RS. C	85	3.199	32	79	2.339	0.073
11	RS. C	85	3.199	45	80	2.448	0.054
12	RS. C	87.5	3.292	40	78.5	2.393	0.060
13	RS. C	85	3.199	50	78	4.499	0.090

Nilai ESD Abdomen AP ukuran L (12 dari 13 data) menunjukkan nilai mulai dari 1.24 mGy sampai 2.45 mGy, dengan kondisi eksposi pada rentang 83-88 kV, 25-45 mAs dan FSD 78-88.5 cm. ESD RS. C menunjukkan nilai yang paling tinggi diantara ketiganya, hal ini karena nilai HVL pesawat sinar-X di RS. C paling kecil, sehingga dosis ESD besar.

ESD untuk abdomen AP di 3 rumah sakit (A, B dan C) cenderung naik menurut fungsi ketebalan, meskipun tidak terlalu tajam.

4.3.1.2. Pelvis AP

Pengambilan data untuk ESD pelvis AP hanya dilakukan di dua rumah sakit (RS. A dan RS. C), sehingga data yang diperoleh tidak terlalu banyak (19 data ESD). Data pelvis AP tidak dibagi menjadi 3 (tiga) kelompok ketebalan.

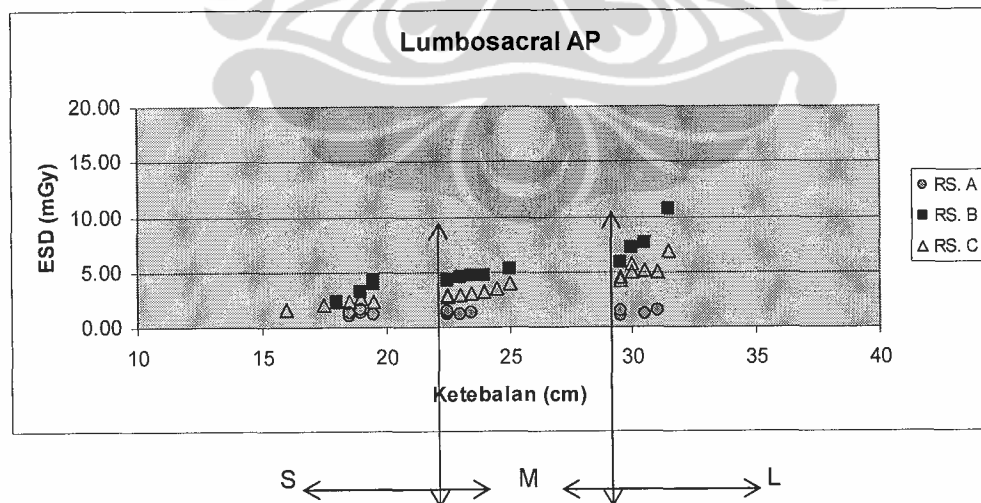


Gambar 4.2. Grafik hubungan antara ketebalan dengan ESD pada jenis penyinaran pelvis AP

Untuk Pelvis AP nilai ESD di semua rumah sakit ada kecenderungan mengalami kenaikan seiring dengan kenaikan ketebalan.

4.3.1.3. Lumbosakral AP

Data ESD lumbosakral AP diperoleh dari 47 sampel. Analisa ESD berdasarkan ukuran ketebalan S (kecil), M (sedang) dan L (besar).



Gambar 4.3. Grafik hubungan antara ketebalan dengan ESD untuk jenis penyinaran lumbosakral AP meliputi ukuran ketebalan S (kecil), M (sedang) dan L (besar).

Tabel 4.9. Tabel ESD Lumbosacral AP untuk ukuran tebal S (15-21.9 cm)

No	Rumah Sakit	kV	HVL (mmAl)	mAs	FSD (cm)	ESD (mGy)	ESD/mAs (mGy/mAs)
1	RS. A	81	3.348	20	89	1.041	0.052
2	RS. A	81	3.348	22	88.5	1.321	0.060
3	RS. A	83	3.428	20	88	1.165	0.058
4	RS. A	81	3.348	20	89	1.346	0.067
5	RS. A	81	3.348	20	88.5	1.579	0.079
6	RS. B	90	3.314	32	97	2.317	0.072
7	RS. B	96	3.524	50	104	3.207	0.064
8	RS. B	96	3.524	56	93.5	3.961	0.071
9	RS. B	96	3.524	63	93.5	4.257	0.068
10	RS. C	75	2.826	25	93	1.671	0.067
11	RS. C	75	2.826	25	92.5	2.075	0.083
12	RS. C	75	2.826	25	90	2.265	0.091
13	RS. C	77	2.901	14	90	2.374	0.170
14	RS. C	77	2.901	28	90	2.585	0.092
15	RS. C	77	2.901	25	89.5	2.372	0.095

Untuk Lumbosacral AP dengan ketebalan S, terdapat perbedaan data ESD dari ketiga rumah sakit dan memiliki rentang nilai ESD mulai dari 1.04 mGy - 4.25 mGy. Kondisi eksposi antara 75-96 kV, 14-63 mAs dan FSD 88-104 cm. Nilai ESD RS. B terlihat lebih tinggi, hal ini karena RS. B menggunakan kondisi eksposi yang lebih tinggi dibandingkan dengan rumah sakit lainnya.

Tabel 4.10. Tabel ESD Lumbosacral AP untuk ukuran tebal M (22-28.9 cm)

No	Rumah Sakit	kV	HVL (mmAl)	mAs	FSD (cm)	ESD (mGy)	ESD/mAs (mGy/mAs)
1	RS. A	83	3.428	22	85	1.178	0.054
2	RS. A	83	3.428	22	84.5	1.207	0.055
3	RS. A	83	3.428	22	85	1.340	0.061
4	RS. A	83	3.428	22	85	1.460	0.066
5	RS. A	83	3.428	22	84	1.323	0.060
6	RS. B	96	3.524	56	90.5	4.236	0.076
7	RS. B	96	3.524	63	98	4.490	0.071
8	RS. B	96	3.524	56	89.5	4.610	0.082
9	RS. B	99	3.629	50	91	4.648	0.093
10	RS. B	96	3.524	71	84	5.202	0.073
11	RS. C	77	2.901	28	86.5	2.844	0.102
12	RS. C	77	2.901	25	85.5	2.949	0.118
13	RS. C	79	2.975	25	85	2.966	0.119
14	RS. C	79	2.975	22	84.5	2.997	0.136
15	RS. C	79	2.975	20	85	3.264	0.163
16	RS. C	79	2.975	28	84	3.496	0.125
17	RS. C	81	3.050	28	84	3.983	0.142

Semua data pada Lumbosacral AP ukuran M memiliki nilai ESD mulai dari 1.18 mGy sampai 5.20 mGy. Kondisi eksposi antara 77-99 kV, 20-71 mAs dan FSD 84-98 cm. Nilai ESD RS. B terlihat lebih tinggi dari pada rumah sakit lainnya, hal ini karena RS. B menggunakan kondisi eksposi yang lebih tinggi dibandingkan dengan rumah sakit lainnya.

Tabel 4.11. Tabel ESD Lumbosacral AP untuk ukuran tebal L (29-35 cm)

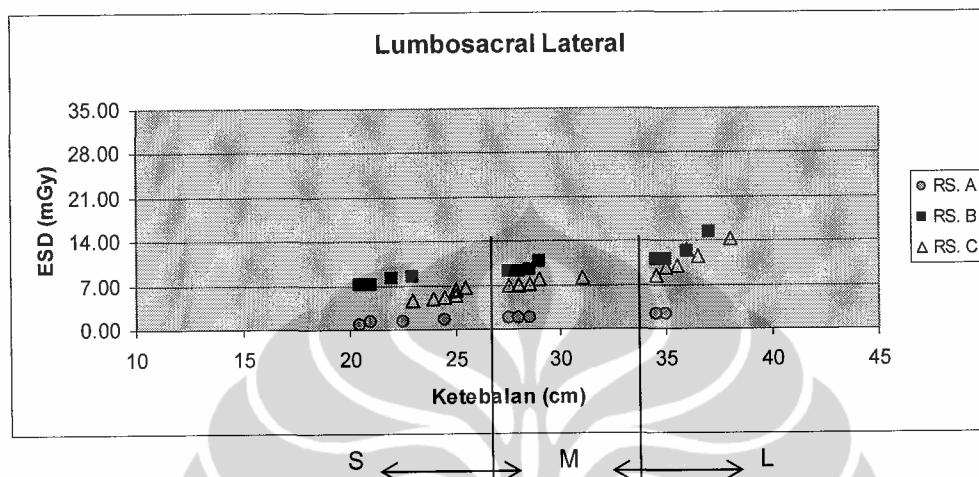
No	Rumah Sakit	kV	HVL (mmAl)	mAs	FSD (cm)	ESD (mGy)	ESD/mAs (mGy/mAs)
1	RS. A	83	3.428	22	76.5	1.527	0.069
2	RS. A	85	3.508	25	78	0.987	0.039
3	RS. A	85	3.508	25	78	1.405	0.056
4	RS. A	85	3.508	25	77	1.219	0.049
5	RS. B	96	3.524	63	81.5	5.833	0.093
6	RS. B	96	3.524	71	79	7.136	0.101
7	RS. B	96	3.524	71	100.5	7.546	0.106
8	RS. B	113	4.119	71	77.5	10.589	0.149
9	RS. C	81	3.050	32	79	4.233	0.132
10	RS. C	83	3.124	36	78.5	4.577	0.127
11	RS. C	83	3.124	32	78	4.953	0.155
12	RS. C	85	3.199	36	78	5.643	0.157
13	RS. C	85	3.199	50	77.5	5.144	0.103
14	RS. C	85	3.199	45	78	4.938	0.110
15	RS. C	90	3.386	45	77	6.802	0.151

Untuk lumbosacral AP ukuran L, 11 dari 15 data memiliki nilai ESD yang tersebar merata pada rentang 1.00 mGy sampai 5.83 mGy. Kondisi eksposi antara 81-96 kV, 22-50 mAs dan FSD 76.5-81.5 cm.

Pada pemeriksaan lumbosakral AP, rumah sakit A menggunakan kondisi eksposi yang hampir konstan (81-85 kV dan 22-25 mAs) untuk semua sampel sehingga nilai ESD tidak mengalami fluktuasi yang berarti (1.04-1.53 mGy), sedangkan 2 rumah sakit lain (RS. B dan RS. C), pemeriksaan lumbosakral AP dilakukan pada kondisi eksposi yang lebih tinggi (75-99 kV dan 14-71 mAs) sehingga nilai ESD nya relatif lebih tinggi daripada yang terjadi di rumah sakit A.

4.3.1.4. Lumbosakral Lateral

Grafik antara ESD terhadap ketebalan (S, M dan L) pada jenis penyinaran lumbosakral lateral disajikan dalam gambar 4.4.



Gambar 4.4. Grafik hubungan antara ketebalan dengan ESD untuk jenis penyinaran lumbosakral lateral meliputi ukuran ketebalan S (kecil), M (sedang) dan L (besar).

Tabel 4.4. Tabel ESD Lumbosacral Lateral untuk ukuran tebal S (20.5-26.9 cm)

No	Rumah Sakit	kV	HVL (mmAl)	mAs	FSD (cm)	ESD (mGy)	ESD/mAs (mGy/mAs)
1	RS. A	77	3.188	20	87	0.876	0.044
2	RS. A	81	3.348	28	86.5	1.369	0.049
3	RS. A	81	3.348	28	85	1.381	0.049
4	RS. A	81	3.348	28	83	1.642	0.059
5	RS. B	105	3.839	63	92.5	7.070	0.112
6	RS. B	105	3.839	71	92	7.251	0.102
7	RS. B	113	4.119	71	91	8.237	0.116
8	RS. B	113	4.119	71	90	8.372	0.118
9	RS. C	79	2.975	28	86	4.608	0.165
10	RS. C	81	3.050	36	85	4.799	0.133
11	RS. C	81	3.050	32	84	5.021	0.157
12	RS. C	85	3.199	45	125	5.265	0.117
13	RS. C	85	3.199	50	84	6.047	0.121
14	RS. C	87.5	3.292	50	83.5	6.622	0.132
15	RS. C	90	3.386	63	85	6.445	0.102

Untuk lumbosakral lateral ukuran S, 14 dari 15 data ESD berada pada rentang yang cukup lebar mulai dari 1.37 mGy sampai 8.37 mGy. Kondisi eksposi ketiga pesawat sinar-X berada pada rentang 81-113 kV, 28-71 mAs dan FSD 83-125 cm. RS. B memiliki nilai ESD paling tinggi karena menggunakan faktor eksposi yang jauh lebih tinggi dibanding rumah sakit lainnya.

Tabel 4.13. Tabel ESD Lumbosacral Lateral untuk ukuran tebal M (27-33.9 cm)

No	Rumah Sakit	kV	HVL (mmAl)	mAs	FSD (cm)	ESD (mGy)	ESD/mAs (mGy/mAs)
1	RS. A	87.5	3.608	25	80	1.780	0.071
2	RS. A	87.5	3.608	22	80	1.713	0.078
3	RS. A	87.5	3.608	25	79	1.833	0.073
4	RS. A	87.5	3.608	25	79.5	1.747	0.070
5	RS. B	113	4.119	80	95.5	9.072	0.113
6	RS. B	104	3.804	79	83	9.152	0.116
7	RS. B	117	4.259	63	86.5	9.534	0.151
8	RS. B	117	4.259	71	86	10.724	0.151
9	RS. C	90	3.386	45	80.5	6.826	0.152
10	RS. C	90	3.386	56	81	6.981	0.125
11	RS. C	90	3.386	63	79.5	7.151	0.114
12	RS. C	93	3.497	43	80	7.199	0.167
13	RS. C	96	3.609	25	80	7.210	0.288
14	RS. C	93	3.497	71	79	7.869	0.111
15	RS. C	96	3.609	40	77	8.269	0.207

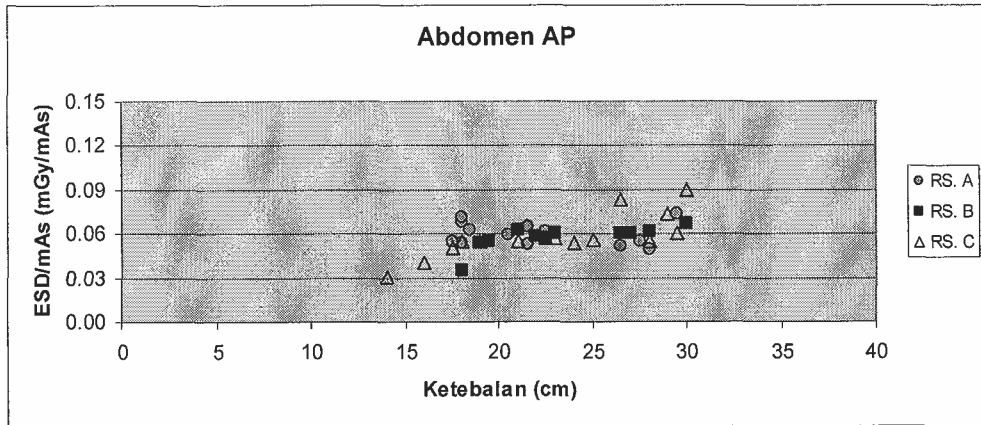
Semua data ESD lumbosakral lateral ukuran M di ketiga rumah sakit berada pada rentang yang lebar antara 1.71-10.72 mGy. Kondisi eksposi berada pada rentang 87.5-117 mAs, FSD 77-95.5 cm.

Tabel 4.14. Tabel ESD Lumbosacral Lateral untuk ukuran tebal L (34-40 cm)

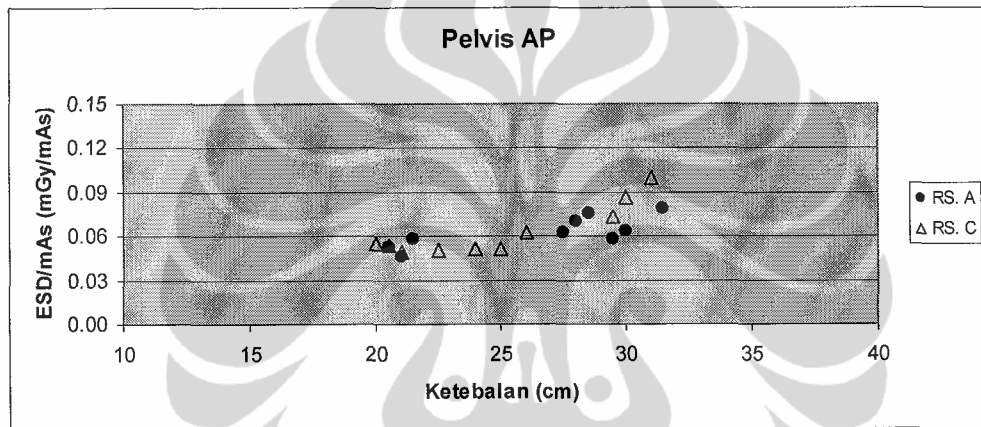
No	Rumah Sakit	kV	HVL (mmAl)	mAs	FSD (cm)	ESD (mGy)	ESD/mAs (mGy/mAs)
1	RS. A	89	3.668	31	73	2.371	0.076
2	RS. A	90	3.708	32	73	2.338	0.073
3	RS. A	90	3.708	32	72.5	2.203	0.069
4	RS. A	90	3.708	32	73	2.354	0.074
5	RS. B	102	3.734	80	96.5	10.998	0.137
6	RS. B	117	4.259	80	86	11.060	0.138
7	RS. B	117	4.259	80	73	12.274	0.153
8	RS. B	121	4.399	80	72	15.253	0.191
9	RS. C	96	3.609	45	74.5	8.311	0.185
10	RS. C	96	3.609	40	73	9.784	0.245
11	RS. C	96	3.609	45	73.5	9.927	0.221
12	RS. C	96	3.609	40	72	11.516	0.288
13	RS. C	100	3.759	90	70	14.321	0.159
14	RS. C	102	3.833	56	72.5	12.562	0.224

Untuk lumbosakral lateral ukuran L, 12 dari 14 data ESD di ketiga rumah sakit berada pada rentang yang lebar antara 2.20-12.27 mGy. Pengambilan data ESD tersebut dilakukan pada kondisi eksposi antara 89-117 kV, 31-80 mAs dan FSD 72-96.5 cm. Perbedaan ESD yang besar antara ketiga rumah sakit disebabkan karena ketebalan sampel lateral yang bervariasi pada jarak yang lumayan lebar.

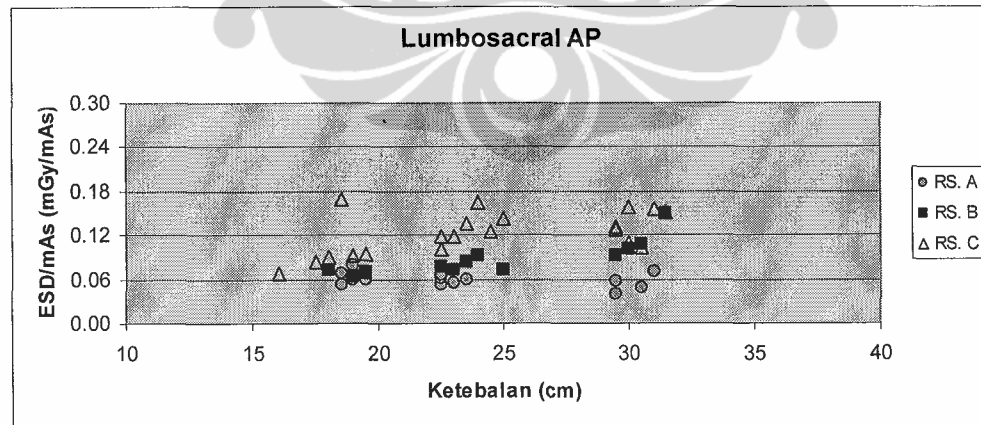
Untuk melihat besarnya radiasi disetiap rumah sakit disajikan dalam bentuk grafik distribusi nilai ESD/mAs terhadap ketebalan untuk seluruh sampel pada setiap jenis penyinaran, dapat dilihat pada gambar 4.5.



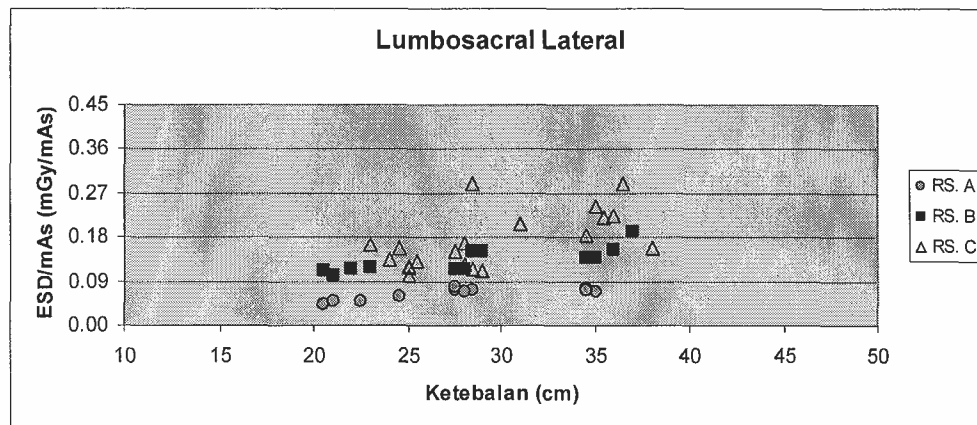
(a)



(b)



(c)



(d)

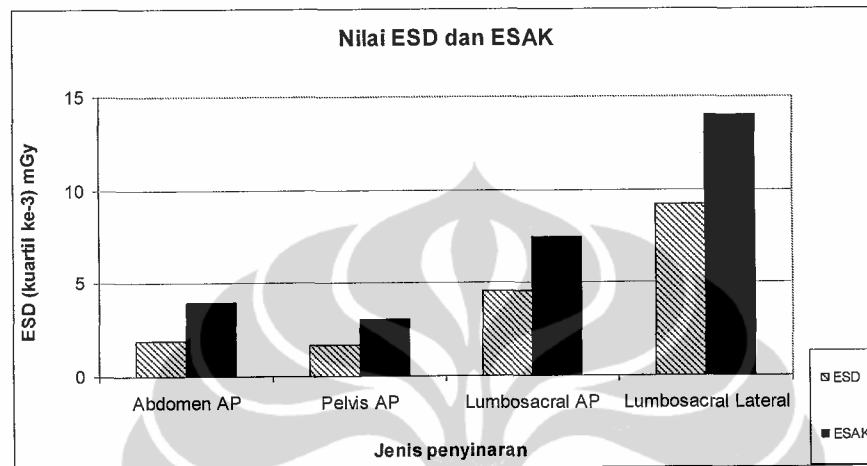
Gambar 4.5. Grafik hubungan antara ketebalan dengan ESD/mAs pada berbagai pemeriksaan di ketiga rumah sakit untuk seluruh data (a) abdomen AP (b) pelvis AP (c) lumbosacral AP (d) lumbosacral lateral.

Nilai ESD/mAs Abdomen AP berfluktuasi pada rentang mulai dari 0.04 mGy/mAs sampai 0.07 mGy/mAs (36 dari 39 data) di ketiga rumah sakit, cenderung naik seiring pertambahan ketebalan. Begitupula pada jenis penyinaran pelvis AP, ESD/mAs cenderung naik seiring dengan pertambahan ketebalan pasien, berada pada rentang 0.50-0.10 mGy/mAs.

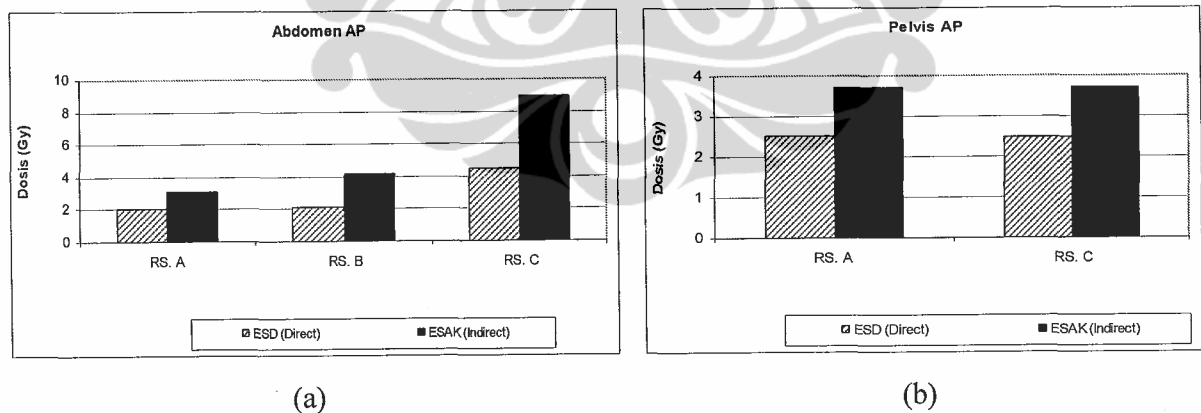
Nilai ESD/mAs lumbosakral AP tersebar merata mulai dari 0.04 mGy/mAs sampai 0.16 mGy/mAs (46 dari 47 data). Nilai ESD/mAs RS. A berfluktuasi pada rentang yang sama antara 0.04-0.08 mGy/mAs. Sedangkan nilai ESD/mAs paling tinggi ditemukan pada RS. C karena mAs yang digunakan tidak terlalu tinggi. Nilai HVL antara RS. B dan RS. C hampir sama besarnya. Sehingga nilai ESD/mAs di RS. B lebih rendah dari pada RS. C karena RS. B menggunakan mAs sangat tinggi. Hal yang sama juga terjadi untuk lumbosakral Lateral, yang membedakan hanya rentang ESD/mAs lebih lebar antara 0.40-0.24 mGy/mAs (42 dari 44 data).

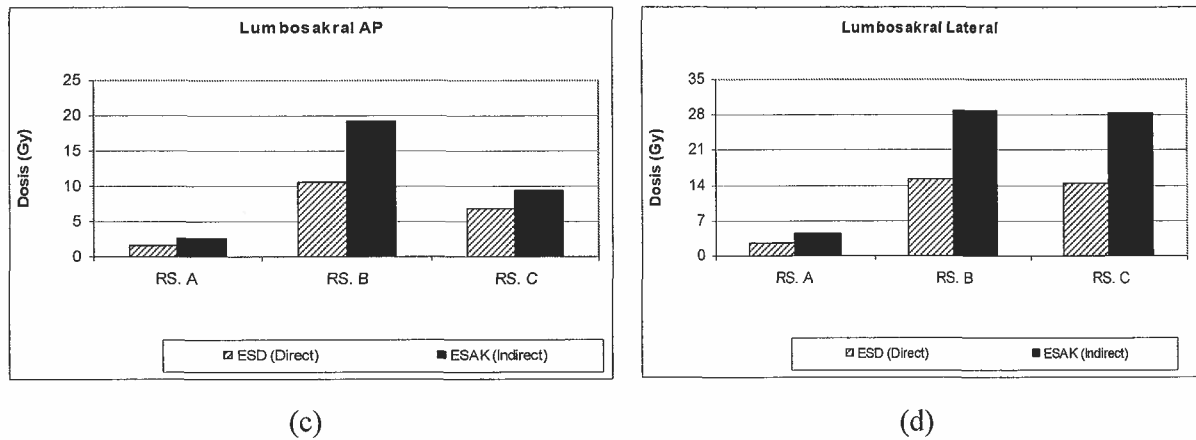
4.3.2. Pengukuran Secara Tidak Langsung (*Indirect Measurement*)

ESD yang diperoleh dari pengukuran tidak langsung disebut ESAK (*entrance surface air kerma*), dapat dilihat perbedaan antara ESD dan ESAK (nilai quartile ke-3) untuk setiap pesawat di setiap rumah sakit.



Gambar 4.6. Perbandingan nilai ESD dan ESAK untuk setiap jenis penyinaran di ketiga rumah sakit.





Gambar 4.7. Nilai ESD dan ESAK di tiap rumah sakit untuk (a) abdomen AP (b) pelvis AP (c) Lumbosakral AP (d) Lumbosakral Lateral

Dosis pada pengukuran tidak langsung (ESAK) jauh lebih tinggi dari pada dosis pada pengukuran langsung (ESD), hal ini dapat dilihat pada gambar 4.6 dan gambar 4.7. Hampir setiap rumah sakit memiliki rentang perbedaan yang cukup besar.

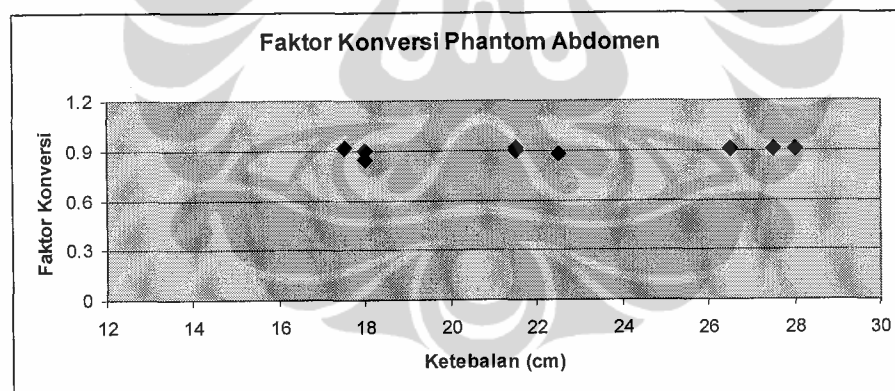
4.3.3. Faktor Konversi Phantom Abdomen

Faktor konversi untuk phantom abdomen diperoleh untuk ketebalan tertentu sesuai dengan ukuran S, M dan L, dapat dilihat pada tabel 4.15. Untuk mendapatkan faktor konversi dilakukan penyinaran abdomen terhadap phantom dan pasien pada kondisi eksposi (kV, mAs dan luas lapangan penyinaran) sama.

Tabel 4.15. ESD pada jarak 100 cm dari fokus pada jenis penyinaran abdomen AP

kV	mAs	Luas lapangan (cm)	Ukuran ketebalan	ESD pada jarak 100 cm dari fokus (mGy)		Faktor konversi	Faktor konversi tiap ukuran ketebalan
				phantom	pasien		
73	16	35.6X35.8	S	0.816	0.692	0.848	0.887
				0.962	0.867	0.901	
				0.777	0.708	0.912	
79	22	43.2X35.6	M	0.958	0.860	0.899	0.899
				1.153	1.055	0.915	
				1.107	0.978	0.883	
83	25	35.6X45.6	L	0.965	0.878	0.910	0.908
				0.934	0.848	0.908	
				0.866	0.785	0.907	

Dari table 4.15 didapatkan faktor konversi tiap ketebalan S, M dan L tidak berbeda jauh (hampir konstan), masing-masing 0.887; 0.899 dan 0.908, sehingga untuk selanjutnya digunakan satu faktor konversi untuk phantom abdomen yang merupakan rata-rata dari ketiga ukuran ketebalan tersebut, yaitu sebesar 0.90.



Gambar 4.8. Grafik faktor konversi phantom abdomen terhadap ketebalan

Faktor konversi yang paling baik untuk phantom adalah 1, yang berarti phantom tersebut sama dengan organ, namun hal tersebut sulit dilakukan. Pada penelitian ini faktor konversi sebesar 0.90 (mendekati 1), hasil ini termasuk memuaskan dan pembuatan phantom pada penelitian ini dapat dikatakan berhasil.

BAB 5

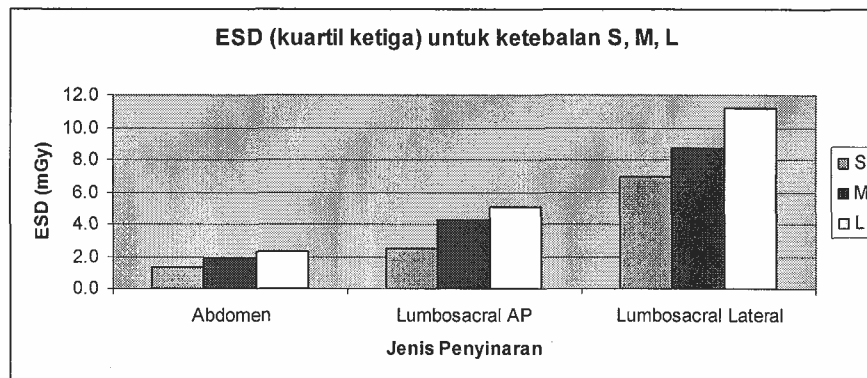
PEMBAHASAN

Pengujian kehandalan pesawat sinar-X menunjukkan kondisi yang sesuai dengan referensi dari *Radiological Council of Western Australia (RCWA) specification* [10] dan *Environmental Protection Agency (EPA) specification* [9]. Ditandai dengan besarnya nilai deviasi antara tegangan pada panel kontrol dan tegangan keluaran pada saat penyinaran sangat kecil (di bawah 5%) dan nilai HVL yang lebih besar dari 2,3 mmAl pada tegangan 80 kV (syarat minimum $HVL > 2,3 \text{ mmAl}$ pada 80 kV) [10]. Dengan demikian kondisi pesawat sinar-X yang digunakan dalam penelitian ini memenuhi persyaratan yang direkomendasikan oleh RCWA dan EPA.

Dari survey ketebalan abdomen dan pinggul yang dilakukan terhadap 537 orang dewasa diperoleh ketebalan rata-rata. Data ketebalan rata-rata ini selanjutnya digunakan untuk pemilihan pasien pada saat pengambilan data ESD. Sehingga dalam penelitian ini data ESD hanya melibatkan pasien yang berada pada rentang ketebalan tersebut.

Ketebalan abdomen dan lumbosacral dibagi kedalam 3 (tiga) kelompok ketebalan, masing-masing S, M dan L, untuk memudahkan dalam menganalisa kecenderungan dosis terhadap ketebalan dan untuk menentukan faktor konversi phantom abdomen di setiap ukuran ketebalan.

Seluruh data ESD yang diperoleh pada penelitian ini tidak menggunakan teknik kV tinggi. Sehingga ada kecenderungan ESD naik seiring kenaikan ketebalan. Kenaikan yang cukup besar terjadi pada jenis penyinaran lumbosakral. Sedangkan pada jenis penyinaran abdomen kenaikan ESD terhadap ketebalan tidak terlalu besar (Gambar 5.1). Untuk jenis penyinaran pelvis AP, ESD hanya diperoleh dari 2 (dua) rumah sakit, karena data ESD pelvis AP yang diperoleh tidak banyak maka dalam menganalisa data tidak dibagi kedalam 3 (tiga) kelompok ukuran ketebalan.



Gambar 5.1. Diagram ESD terhadap ukuran ketebalan S, M dan L

Nilai ESD untuk semua jenis penyinaran (abdomen AP, pelvis AP, lumbosakral AP dan lumbosakral lateral) cenderung naik seiring kenaikan ketebalan. Kenaikan nilai ESD ini terjadi karena ada kecenderungan dari operator pesawat sinar-X untuk menaikkan nilai kV jika ada penambahan ketebalan, kenaikan kV berpengaruh terhadap ESD.

Pada penentuan dosis acuan (kuartil ketiga), nilai ESD abdomen, pelvis dan lumbosakral tidak dibagi dalam kelompok ukuran ketebalan, tetapi meliputi semua data ESD (tabel 5.1).

Tabel 5.1. ESD (kuartil ketiga) yang diperoleh dalam penelitian ini

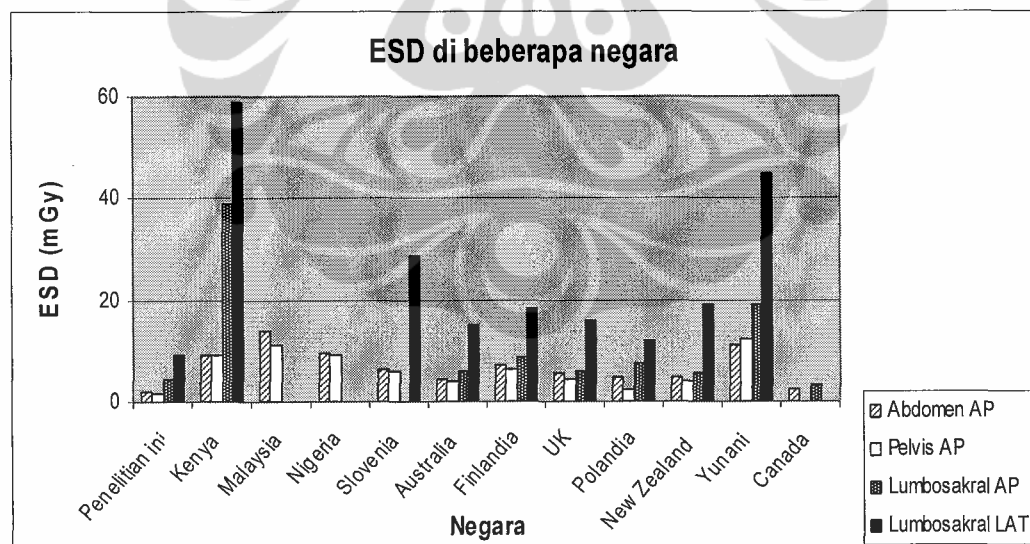
No.	Jenis penyinaran	ESD (kuartil ketiga) mGy
1.	Abdomen AP	1.902 ± 0.437
2.	Pelvis AP	1.575 ± 0.310
3.	Lumbosakral AP	4.246 ± 1.500
4.	Lumbosakral Lateral	9.072 ± 3.402

Tabel 5.2. ESD (kuartil ke-3) di beberapa penelitian [6], [31], [32], [33]

No.	Lokasi	Abdomen AP (mGy)	Pelvis AP (mGy)	Lumbosakral AP (mGy)	Lumbosakral LAT (mGy)
1.	Penelitian ini (2010)	1.902	1.575	4.246	9.072
2.	Kenya (2007)	9.07	9.02	39.11	59
3.	Malaysia (1995)	13.82	11.08	-	-
4.	Nigeria (2007)	9.7	9.2	-	-
5.	Slovenia (2005)	6.18	5.83	-	28.73
6.	Australia*	4.2	3.9	6.1	15.1
7.	Finlandia*	7.1	6.2	8.8	18.2
8.	UK*	5.6	4.4	6.1	16
9.	Polandia*	4.7	2.5	7.5	12
10.	New Zealand*	4.57	3.98	5.47	18.9
11.	Yunani*	11.2	12.5	18.9	44.9
12.	Canada*	2.35	-	3.34	-

*) berdasarkan hasil survey UNSCEAR antara tahun 1991-1996

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 5.2



Gambar 5.2. ESD di beberapa Negara [6]

Tabel 5.3. ESD yang direkomendasikan oleh beberapa organisasi internasional [6], [21].

Organisasi Internasional	Abdomen AP (mGy)	Pelvis AP (mGy)	Lumbosacra l AP (mGy)	Lumbosacral LAT (mGy)
IAEA BSS 115 (2003)	10	10	10	30
UK NRPB (1999)	10	10	10	30
US AAPM (1999)	4.5	-	5	-
Eropa EC (1999)	10	10	10	40
UK IPSM (1992)	10	10	10	30
CDRH	5.6	-	6.4	-
Germany (2002)	10	10	-	-
Eropa CEC	-	10	-	30
Penelitian ini (2010)	1.902	1.575	4.246	9.072

Catatan: BSS-Basic Safety Standard; NRPB-National Radiological Protection Board; AAPM-American Association of Physicists in Medicine; EC-European Commission; IPSM-Institute of Physical Sciences in Medicine; CDRH-Centre for Devices and Radiological Health; CEC-Commission for the European Communities

Dari penelitian ini diperoleh nilai ESD (kuartil ke-3) abdomen AP sebesar 1.902 mGy. Jika dibandingkan dengan negara lain, nilai ESD abdomen AP dari penelitian ini lebih rendah dari ESD di negara Canada sebesar 2.35 mGy. Sedangkan ESD abdomen AP di Australia sebesar 4.2 mGy, dan Finlandia sebesar 7.1 mGy [6], begitupula jika dibandingkan dengan hasil penelitian di negara Kenya (2007), Malaysia (1998), Nigeria (2007) dan Slovenia (2005). Ditemukan bahwa ESD abdomen AP pada penelitian ini masih berada di bawah panduan dosis yang direkomendasikan beberapa organisasi internasional (tabel 5.3).

Pada jenis penyinaran pelvis AP, ESD (kuartil ke-3) yang diperoleh dari penelitian ini sebesar 1.575 mGy. Nilai ini lebih rendah jika dibandingkan dengan ESD pelvis AP di Polandia sebesar 2.5 mGy, New Zealand sebesar 3.98 mGy dan Australia sebesar 3.9 mGy [6] dan masih berada dibawah dosis panduan IAEA (BSS 115).

Nilai ESD (kuartil ketiga) lumbosakral AP diperoleh sebesar 4.246 mGy dan lumbosakral lateral sebesar 9.072 mGy, nilai ini masih lebih kecil jika dibandingkan dengan ESD di Negara lain (tabel 5.2) dan masih berada dibawah *guidance level* IAEA.

Nilai ESD untuk semua jenis penyinaran di RS. A paling rendah karena pesawat sinar-X di RS. A memiliki nilai HVL paling besar dibandingkan rumah sakit lainnya dan kondisi eksposi (kV dan mAs) yang digunakan juga rendah. Pesawat sinar-X di RS. B dan RS. C memiliki nilai HVL hampir sama namun kondisi eksposi yang digunakan di RS. B lebih tinggi dari RS. C sehingga ESD di RS. B juga lebih tinggi.

Untuk melihat besarnya radiasi pada pesawat sinar-X di ketiga rumah sakit digunakan grafik ESD/mAs terhadap ketebalan. Pada penyinaran abdomen AP nilai ESD/mAs di ketiga rumah sakit berada pada rentang yang sama mulai dari 0.03 mGy/mAs sampai 0.09 mGy/mAs, menunjukkan bahwa besarnya radiasi yang dikeluarkan pesawat sinar-X di ketiga rumah sakit (RS. A, RS. B dan RS. C) untuk jenis penyinaran abdomen AP hampir sama. Begitupula nilai ESD/mAs pada jenis penyinaran pelvis AP, menunjukkan besar radiasi yang sama untuk pesawat sinar-X di kedua rumah sakit (RS. A dan RS. C). Sedangkan untuk penyinaran lumbosakral, nilai ESD/mAs antara ketiga pesawat sinar-X di ketiga rumah sakit terlihat yang sangat berbeda satu sama lain, berada pada rentang antara 0.04-0.08 mGy/mAs. Nilai ESD/mAs pada penyinaran lumbosakral paling tinggi ditemukan pada RS. C, sedangkan ESD/mAs RS. A paling rendah, perbedaan ini menunjukkan bahwa radiasi untuk penyinaran lumbosakral baik AP atau lateral di RS. C lebih tinggi dari pada di dua rumah sakit lainnya.

Dari tabel 5.2 terlihat bahwa nilai ESD abdomen AP, pelvis AP, lumbosakral AP dan lateral dalam penelitian ini lebih kecil jika dibandingkan dengan nilai ESD di negara lain. Perlu diingat bahwa penelitian di negara lain masih menggunakan *film screen*, belum menggunakan CR seperti dalam penelitian ini. Penggunaan CR dalam pencitraan radiologi pada umumnya memberikan ESD relatif lebih tinggi dibandingkan dengan sistem *film screen*.

Pada penelitian ini juga dilakukan pengukuran ESD secara tidak langsung (ESAK / *Entrance Surface Air Kerma*) dengan menggunakan faktor eksposi dan radiasi keluaran pesawat sinar-X pada semua jenis penyinaran untuk ketiga pesawat sinar-X. Diperoleh nilai ESAK lebih tinggi dari pada nilai ESD. Ada banyak faktor yang mempengaruhi nilai ESAK, di antaranya adalah faktor eksposi pesawat sinar-X seperti kV, mAs, luas lapangan dan FSD.

Hasil pengukuran ESD dengan phantom ANSI buatan sendiri, di peroleh faktor konversi phantom abdomen sebesar 0.887; 0.899 dan 0.908, berturut-turut untuk ukuran ketebalan S, M dan L. Karena perbedaan faktor konversi untuk setiap ukuran ketebalan sangat kecil (1 %) maka untuk selanjutnya digunakan 1 (satu) faktor konversi rata-rata yaitu sebesar 0.9. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa faktor konversi tidak tergantung pada ketebalan, oleh karenanya faktor konversi phantom abdomen dapat dinyatakan konstan.



BAB 6

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian diperoleh beberapa kesimpulan, sebagai berikut :

1. ESD mengalami kenaikan seiring dengan kenaikan ketebalan.
2. Dari survey ketebalan tubuh orang dewasa Indonesia (537 orang) diperoleh informasi bahwa ukuran ketebalan abdomen AP dan pinggul AP dalam jangkauan 14-32 cm dan 15-35 cm. Sedangkan untuk abdomen LAT dan pinggul LAT berada dalam rentang 19-39 cm dan 20.5-40 cm.
3. Data ESD diperoleh dari 149 sampel orang dewasa. Untuk abdomen AP (36 dari 39 data) nilai ESD berada pada rentang 0.90 mGy-2.40 mGy. Untuk pelvis AP (16 dari 19 data) ESD tersebar merata pada rentang antara 0.94 mGy-1.89 mGy. Sedangkan ESD lumbosakral AP (42 dari 47 sampel) and lateral (41 dari 44 sampel) masing-masing berada pada rentang 0.10 mGy-5.80 mGy dan 1.37 mGy to 12.56 mGy
4. Nilai ESD (kuartil ketiga) untuk jenis penyinaran abdomen AP sebesar 1.902 mGy, pelvis AP sebesar 1.575 mGy, lumbosakral AP sebesar 4.246 mGy dan lumbosakral lateral sebesar 9.072 mGy.
5. Faktor konversi untuk phantom abdomen diperoleh nilai rata-rata sebesar 0.90 untuk semua ketebalan, dari eksperimen dapat disimpulkan bahwa besarnya faktor konversi tidak tergantung pada ketebalan.
6. ESD (kuartil ketiga) untuk jenis penyinaran abdomen AP, pelvis AP, lumbosakral AP dan lateral yang diperoleh pada penelitian ini masih berada dibawah tingkat panduan IAEA (BSS-115).

Saran

1. Diharapkan di masa yang akan datang ada penelitian lanjutan untuk mengetahui besarnya nilai ESD di lebih banyak rumah sakit di seluruh Indonesia, sehingga data ESD yang bersifat nasional dapat diperoleh.
2. Di masa depan dapat juga dilakukan penelitian untuk mencari hubungan antara ESD dan BMI (*Body Mass Index*), peneliti mencoba membuat

hubungan antara ESD dan BMI menggunakan data pada penelitian ini, dapat dilihat pada lampiran 10.

3. Berdasarkan AAPM Report No. 31, Phantom abdomen tersebut dapat digunakan untuk phantom lumbar spine namun peneliti tidak melakukan eksperimen untuk menghitung faktor konversinya, peneliti hanya menghitung faktor konversi untuk abdomen. Agar dapat digunakan untuk pengukuran ESD lumbar spine, diharapkan ada yang melakukan eksperimen dengan phantom tersebut untuk mendapatkan faktor konversi ESD lumbar spine.



DAFTAR REFERENSI

- [1]. Bushberg JT, Seibert JA, Leidholdt EM, Boone JM. *The Essential Physics of Medical Imaging*. 2nd ed. Philadelphia, Pa: Lippincott Williams & Wilkins, 2002.
- [2]. Soejoko, D. S. *Keselamatan dan Keamanan Pasien Radiologi Diagnostik dan Radioterapi*. Departemen Fisika FMIPA UI. Depok 16424. Workshop Keperawatan Universitas Kristen Satyawacana, Salatiga 20 Agustus 2007.
- [3]. Seeram, Euclid, Brennan, Patrick, C. *Diagnostic reference levels in radiology*. Radiologic Technology. May-June, 2006
http://www.entrepreneur.com/tradejournals/article/146630002_2.html.
- [4]. ICRP Publication 34, *Protection of the Patient in Diagnostic Radiology*, Pergamon Press, Oxford, 1982.
- [5]. International Atomic Energy Agency (IAEA). *International Basic Safety Standards for Protection Against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources*, Safety Series No 115. Vienna, Austria. CR-ROM Edition. 2003.
- [6]. IAEA. *Radiological Protection of Patients in Diagnostic and Interventional Radiology, Nuclear Medicine and Radiotherapy*. Proceeding of an International conference Held in Malaga, Spain, 26-30 March 2001.
- [7]. Hemtiwakorn, Khaisang. *Measurements of entrance surface dose and organ dose in four common radiographic examination a comparative study between free in air method and thermoluminescent dosimetry*. Mahidol University. Thailand. 2008.
- [8]. Attix, Frank H. *Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry*, John Wiley & Sons, New York. 1986.
- [9]. EPA Specification. www.environment.nsw.gov.au
- [10]. RCWA Specification. Radiation safety Act 1975. *Diagnostic X-ray Equipment Compliance Testing*. Workbook 3. Radiological Council of Western Australia. 2006.
- [11]. AAPM Report No. 31. *Standardized methods for measuring diagnostic x-ray exposures*. July 1990.

- [12].AAPM Report No. 60. *Instrumentation Requirements of Diagnostic Standardized methods for measuring diagnostic x-ray exposures*. July 1990.
- [13].Product Overview dan product specification Harshaw 3500 TLD reader. *Material and Assembly for thermoluminescence dosimetry*.
www.thermo.com/rmp
- [14].IAEA. *Regional Training Course on Radiation and Protection, Post Graduate Educational Training Course*. Penang, Malaysia. November 2006- July 2007
- [15].Poletti, John. *Patient dose audit methods and results*. Unitec Institute of Technology. Auckland, New Zealand. 2009 (disampaikan dalam training QA diagnostik Jakarta Desember 2009)
- [16].IAEA Technical Report Series No. 457. *Dosimetry in Diagnostic Radiology: An International Code of Practice*. Vienna. 2007.
- [17].The International Commission on Radiological Protection. *1990 Recommendations of the international Commission on Radiological Protection*. ICRP Publication No. 60. Pergamon Press. Oxford. 1991
- [18].Sumner, David, Wheldon, Tom, Watson, Walter. *Radiation Risk*. 3rd edition. The tarragon press. Whithorn, Scotland. 1994.
- [19].NCRP Report no. 93. Bethesda, Maryland. 1987.
- [20].AAPM Report No. 74. *Quality Control in Diagnostik Radiology*. USA. Juli 2002
- [21].A web module produced by Committee 3 of the International Commission on Radiological Protection (ICRP). *DIAGNOSTIC REFERENCE LEVELS IN MEDICAL IMAGING: REVIEW AND ADDITIONAL ADVICE*. September 2001.
- [22].ARPANSA (Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency),
<http://www.arpansa.gov.au/radiationprotection/basics/xrays.cfm>
- [23].Cattin, Philippe. *Imaging Modalities: X-ray, CT, Fluoroscope, Biomedical Image Analysis*. MIAC, University of Basel. April 12th, 2010.
[http://miac.unibas.ch/BIA/06-Xray.html#\(9\)](http://miac.unibas.ch/BIA/06-Xray.html#(9))
- [24].<http://openlearn.open.ac.uk/mod/oucontent/view.php?id=398664§ion=1.2.2>
- [25].www.sprawl.com

- [26]. http://www.rpdinc.com/html/harshaw_tld_100_ribbons.html
- [27]. <http://www.premiersalesassoc.com/unfors.htm>
- [28]. <http://www.medical.siemens.com/webapp/wcs/stores/servlet/ProductDisplay>
- [29]. <http://www.raytechdiagnostics.com/productList.aspx?cID=35&scID=41>
- [30]. <http://supertechx-ray.com/a286-r.htm>
- [31]. Korir, G.K, Wambani J. S, Ochieng B.O.M. Optimization of the *Radiological Protection of Patients in Diagnostic Radiology Department at Kenyatta National Hospital in Kenya. Phase I. The Second All African IRPA Regional Radiation Protection Congress. Ismailia, Egypt. 22-26 April 2007.*
- [32]. K.H Ng, MIPEM, P. Rassiah, H.B Wang, A.S. Hambali, P. Muthuvellu, H.P. Lee. *Doses to patients in routine X-ray examination in Malaysia.* The British Journal of Radiology. The British Institute of Radiology. 1998.
- [33]. Obed, R.I, Ademola, AK, Adewoyin K.A, Okunade O.A. *Doses to patients in Routine X-ray Examination of Chest, Skull, Abdomen, and pelvis in Nine Selected Hospital in Nigeria.* Research Journal of Medical Sciences. Medwell Journals. 2007.
- [34]. Škrk, Damijan, Urban Zdešar, Dejan Žontar. *Diagnostic reference levels for X-ray examinations in Slovenia.* Slovenia. 2006.
- [35]. <http://www.medterms.com/script/main/art.asp?articlekey=9281>
- [36]. <http://chestofbooks.com/health/body/massage/Margaret-D-Palmer/Lessons-on-Massage/The-Pelvis-and-The-Abdomen.html>
- [37]. <http://www.bchsys.org/bchserv/Imaging/X-ray>
- [38]. <http://www.ceessentials.net/article23.html>
- [39]. www.portalradiografi.web.id
- [40]. <http://www.me-jaa.com/mejaa21Mar2009/pressureulcer-pt2.htm>
- [41]. <http://www.fkumyecase.net/wiki/index.php?page=PEMERIKSAAN+BNO-IVP+PADA+PENDERITA+URETEROLITHIASIS+1/3+PROKSIMAL++DENGAN+HIDRONEFROSIS>
- [42]. X-Ray Test Device. Victoreen model 4000M+ (manual book)

Lampiran 1. Pengukuran Radiasi Keluaran pesawat sinar-X di RS. A

kVp Accuracy and Radiation Output

Instalasi Radiologi RS. A

Test Equipment

kVp/timer/dosemeter : UNFORS

Focus-chamber distance (cm) : 107

Folcus : Large

kVp Accuracy

Set mA : -

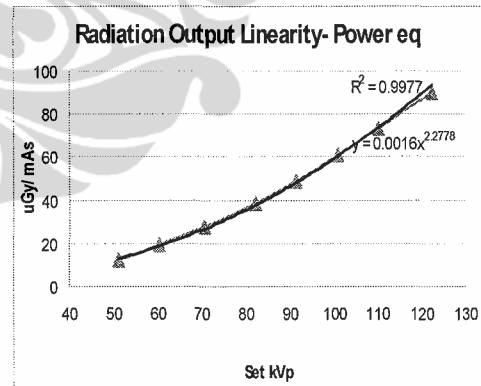
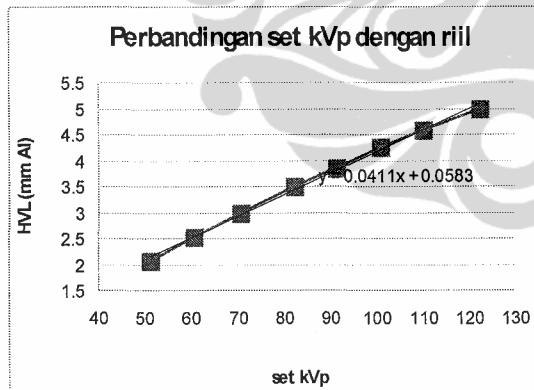
Time(s) : -

mAs : 20

Set kVp	kVp	% Error	uGy	uGy/mAs	HVL (mmAl)	Time (ms)	Gy/menit	mGy/s
50	51.16	2.3	242.2	12.1	2.06	24.88	0.584	9.733
60	60.42	0.7	382.9	19.1	2.54	25.33	0.907	15.117
70	70.41	0.6	552.3	27.6	2.99	30.44	1.089	18.150
81	82.06	1.3	768.9	38.4	3.49	36.22	1.274	21.233
90	91.23	1.4	971.3	48.6	3.85	40.66	1.433	23.888
100	100.9	0.9	1219	61.0	4.25	45.77	1.598	26.633
109	110.2	1.1	1460	73.0	4.58	50.44	1.737	28.945
121	122.4	1.2	1799	90.0	4.99	56.55	1.908	31.800

EPA Specifications: kVp accuracy must be within 5%

Compliance: PASS



(lanjutan)

kVp, Time and Output Reproducibility

Instalasi Radiologi RS. A

Test Equipment

kVp/timer/dosemeter: UNFORS

Focus-Film distance (cm) : 115

Focus : Large

FDD, d (cm) : 107

Reproducibility

Set kVp: 81 Set mA: - Time(s): - mAs: 20

kVp Av.	Time(ms)	uGy	HVL(mmAl)	mGy/m
83.91	36.00	1072.0	3.43	1.787
83.87	36.11	1073.0	3.42	1.783
83.88	36.11	1073.0	3.43	1.783

AVERAGE	83.88666667	36.073333	1072.6667	3.4266667
STDEV	0.02081666	0.0635085	0.5773503	0.0057735
CV	0.0002	0.0017605	0.0005382	0.0016849

EPA

Specifications:

CV

<0.02

<0.05

<0.05

HVL

> 2.3 mm Al @ 80 kVp

Compliance

PASS	PASS	PASS	PASS
------	------	------	------

kVp Accuracy and Radiation Output

Instalasi Radiologi RS. B

Test Equipment

kVp/timer/dosemeter : UNFORS

Focus-chamber distance (cm) : 100

Folcus : Large

kVp Accuracy

Set mA : -

Time(s) : -

mAs : 20

Set kVp	kVp	% Error	uGy	uGy/mAs	HVL (mmAl)	Time (ms)	mGy/menit	mGy/s
50	49.44	-1.1	391.7	19.6	1.89	29.88	786.55	13.11
60	58.97	-1.7	619.4	31.0	2.28	36.55	1016.80	16.95
70	68.92	-1.5	869.3	43.5	2.66	43.44	1200.69	20.01
81	80.25	-0.9	1182	59.1	3.07	51.11	1387.60	23.13
90	89.26	-0.8	1466	73.3	3.39	57.55	1528.41	25.47
100	100.6	-1.4	1878	93.9	3.8	66	1707.27	28.45
109	107.1	-1.7	2135	106.8	4.02	71.11	1801.43	30.02
121	119.4	-0.5	2600	130.0	4.39	79.44	1963.75	32.73

EPA Specifications^a : kVp accuracy must be within 5%

RCWA Specifications^b : **Assesment of error at less than or equal to 100 kVp**

*the kVp passes if the measured error $\leq \pm 5.5\%$

* kVp is borderline and attention may be required if the measured error is $\geq \pm 5.5\%$ and $\leq \pm 6.0\%$

* the kVp **fails** if the measured error $\geq \pm 6.0\%$.

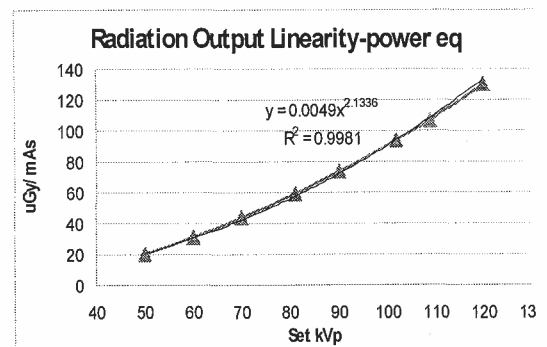
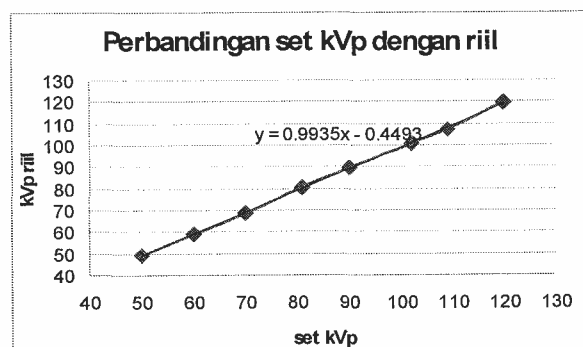
Compliance:

EPA : PASS

RCWA : PASS

^a EPA Standards principally same with IAEA and AAPM report No. 74

^b Radiation Safety Act 1975, Diagnostic X-ray Equipment Compliance Testing, Workbook 3, Radiation Council of Western Australia



(lanjutan)

kVp, Time and Output Reproducibility

Instalasi Radiologi RS. B

Test Equipment

kVp/timer/dosemeter: UNFORS

Focus-Film distance (cm) : 100

Focus : Large

Reproducibility

Set kVp: 81 Set mA: - Time(s): - mAs: 20

kVp Av.	Time(ms)	uGy	HVL (mmAl)	mGy/m
80.25	51.11	1182.0	3.07	1.388
80.1	51.11	1174.0	3.07	1.378
80.38	51.11	1179.0	3.07	1.384
80.31	51.11	1181.0	3.06	1.386

AVERAGE	80.264	51.11	1179.6
STDEV	0.104	0	3.362
CV	0.001	0	0.003

EPA

Specifications:

CV

<0.02

<0.05

<0.05

HVL

> 2.3 mm Al @ 80 kVp

RCWA

Specifications :

<0.1

<0.05

Compliance

PASS

PASS

PASS

PASS

Lampiran 3. Pengukuran Radiasi Keluaran pesawat sinar-X di RS. C

kVp Accuracy and Radiation Output

Instalasi Radiologi RS. C

Test Equipment

kVp/timer/dosemeter : UNFORS

Focus-chamber distance (cm) : 107

Folcus : Large

kVp Accuracy

Set mA : -

Time(s) : -

mAs : 20

Set kVp	kVp	% Error	uGy	uGy/mAs	HVL (mmAl)	Time (ms)	mGy/menit	mGy/s
50	50.07	0.1	427.2	21.4	1.88	25.55	1003.21	16.72
60	59.61	-0.7	648.5	32.4	2.27	25.66	1516.37	25.27
70	69.98	0.0	911.7	45.6	2.64	30.22	1810.13	30.17
81	80.86	-0.2	1239	62.0	3.05	36.33	2046.24	34.10
90	89.85	-0.2	1511	75.6	3.37	39.22	2311.58	38.53

EPA Specifications^a : kVp accuracy must be within 5%

RCWA Specifications^b : **Assesment of error at less than or equal to 100 kVp**

**the kVp passes if the measured error $\leq \pm 5.5\%$*

** kVp is borderline and attention may be required if the measured error is $\geq \pm 5.5\%$ and $\leq \pm 6.0\%$*

** the kVp **fails** if the measured error $\geq \pm 6.0\%$.*

Compliance:

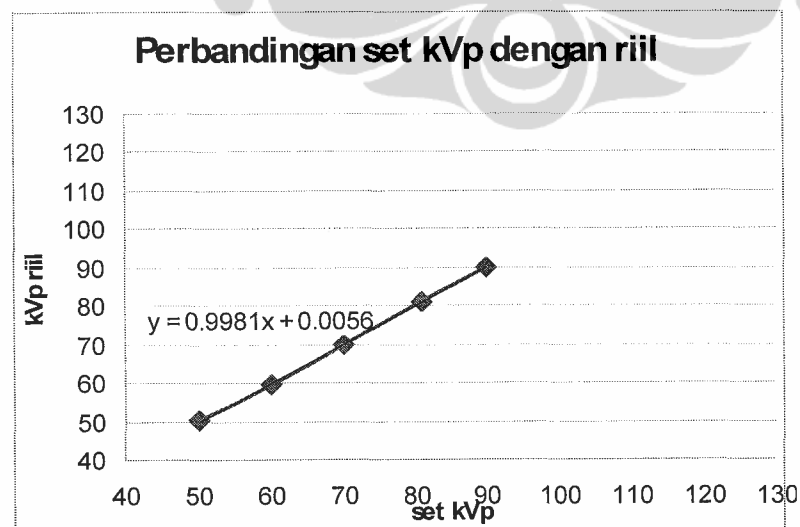
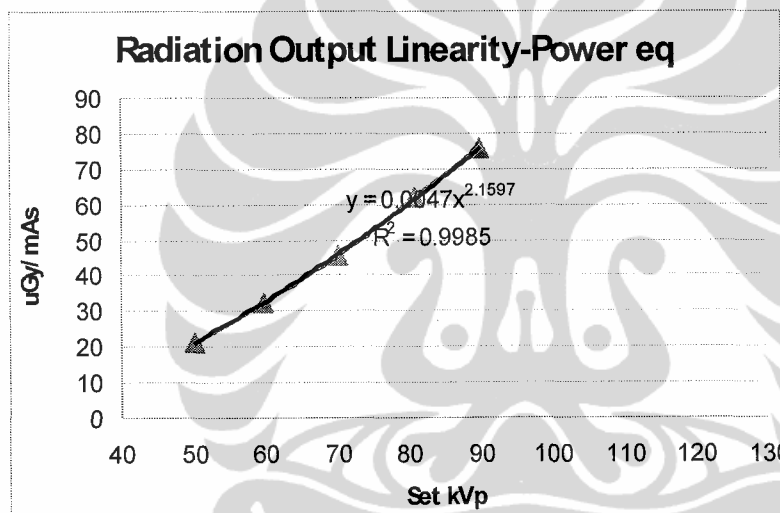
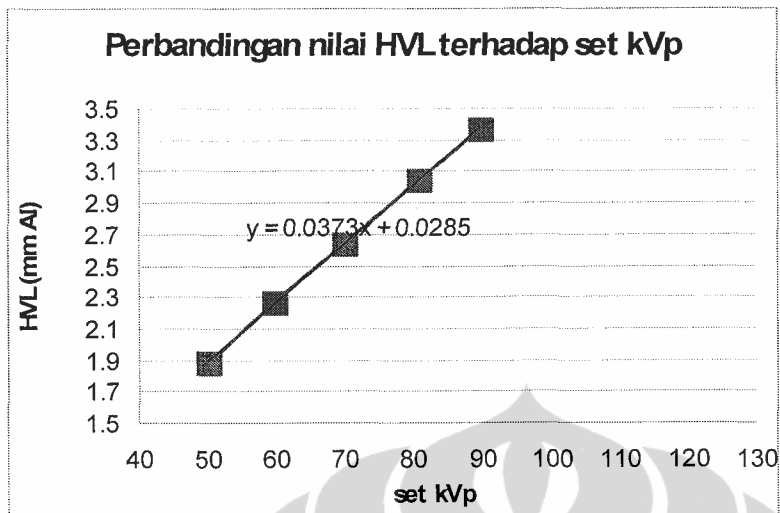
EPA : PASS

RCWA : PASS

^a EPA Standards principally same with IAEA and AAPM report No. 74

^b Radiation Safety Act 1975, Diagnostic X-ray Equipment Compliance Testing, Workbook 3, Radiation Council of Western Australia

(lanjutan)



(lanjutan)

kVp, Time and Output Reproducibility

Instalasi Radiologi RS. C

Test Equipment

kVp/timer/dosemeter: UNFORS

Focus-Film distance (cm) : 107

Focus : Large

Reproducibility

Set kVp: 81 Set mA: - Time(s): - mAs: 20

kVp Av.	Time(ms)	uGy	HVL (mmAl)	mGy/m
81.23	35.33	1231.0	3.05	1.388
80.97	35.33	1232.0	3.05	1.378
81.41	35.11	1232.0	3.04	1.384
80.86	36.33	1239.0	3.05	1.386

AVERAGE	81.1175	35.525	1233.5
STDEV	0.249181995	0.5465955	3.6968455
CV	0.0031	0.0153862	0.002997

EPA

Specifications:

CV

<0.02

<0.05

<0.05

HVL

> 2.3 mm Al @ 80 kVp

RCWA

Specifications :

<0.1

<0.05

Compliance

PASS

PASS

PASS

PASS

DATA PENELITIAN ESD
PENENTUAN UKURAN TUBUH STANDAR/REFERENSI MANUSIA (*REFERENCE MAN*)

No	L/P	Usia (tahun)	Tinggi (cm)	Berat (kg)	Tebal Perut (cm)		Tebal Pinggul (cm)	
					AP	Lateral	AP	Lateral
1	L	18	166	47	15.4	21.4	18.5	28
2	L	19	163	55	18.5	23.7	21.2	28.3
3	L	20	153	48	17.5	23	21.5	28.5
4	L	20	163	64	19	26.5	25	33.5
5	L	20	165	45	15.5	23	20.5	30.5
6	L	20	164	52	20.5	23.5	21	27.5
7	L	20	164	50	17.5	24	20	29
8	L	20	161	51	18	29	20	30.5
9	L	20	169	50	15.9	21.5	19	31
10	L	20	162	51	18	23	20.5	28
11	L	20	185	54	15.9	24.7	19.5	30.4
12	L	20	170	57	15.8	23.1	20	30.4
13	L	20	169	59	18.8	25.2	17.2	31.3
14	L	20	168	51	16	24.2	18	30.5
15	L	20	176	58	16	24	20	31
16	L	20	170	53	17	21.5	21	30
17	L	20	172	47	15	22	19	31
18	L	20	156	50	18	23	20.5	30.5
19	L	20	166.5	50	18	23	20	30.5
20	L	21	161	46	18	22.5	17	28.8
21	L	21	170	55	17.5	23.5	21	29
22	L	21	168	70	21.3	27	22.5	30.2
23	L	22	162	47	15.5	21.3	15.9	26.5
24	L	22	167	51	15.5	22	20.3	29
25	L	22	158	53	17.5	25.5	18.2	29.8
26	L	22	168	55	21	25.9	22.3	30.2
27	L	22	168	55	17.3	23	21.2	30.1
28	L	22	159	56	19.5	27.3	21	29.2
29	L	22	166	57	18.3	26	21.3	29
30	L	22	155	63	19.8	25	20.5	28.8
31	L	22	165	63	19.5	24.3	22.6	28.3
32	L	22	167	66	21	27	25	30.5
33	L	22	160	45	17.5	22.5	22	29
34	L	22	160	55	18	23	21	31.2
35	L	22	160	50	16.5	24.5	20	31.5
36	L	23	173	54	19	23	20	30
37	L	23	162	50	15	20.3	16.5	28.2
38	L	23	168	58	18.3	25	20	30
39	L	24	170	52	17.5	26.8	20	29.7
40	L	24	162	57	19.3	24.5	22	29.7
41	L	24	163	59	20.2	25.7	21.8	29.3
42	L	24	165	64	20	29	22	31.5
43	L	24	165	65	20	28	23	32.7
44	L	24	165	65	20.5	28	24.5	31.5
45	L	24	166	68	20.8	27.5	23	30.5
46	L	24	167	70	21	27.5	24	33
47	L	24	172	81	24.3	29	26	31.5
48	L	24	172	51	18.5	24.5	22.5	30

DATA PENELITIAN ESD
PENENTUAN UKURAN TUBUH STANDAR/REFERENSI MANUSIA (REFERENCE MAN)

No	L/P	Usia (tahun)	Tinggi (cm)	Berat (kg)	Tebal Perut (cm)		Tebal Pinggul (cm)	
					AP	Lateral	AP	Lateral
49	L	24	168	72	21.5	29.5	23	34
50	L	25	157	50	18	25.5	21	28.5
51	L	25	169	65	23	27.5	22	32.5
52	L	25	162	44	16.1	21	18.5	28.2
53	L	25	171	50	17	21.1	20	29.5
54	L	25	174	77	22.1	30	24.5	33.5
55	L	25	165	48	17.5	21	21.5	27
56	L	25	172	61	20	24	23.5	32
57	L	25	170	75	22	31	25	36
58	L	26	161	50	16	23	19	30
59	L	26	163	55	19.5	27.5	24	30
60	L	26	164	45	16.2	20.6	17.8	23
61	L	26	156	60	21.2	26.5	20	30
62	L	26	175	60	17	26.2	21.8	30.8
63	L	26	167	65	19	25.7	22.5	30
64	L	27	160.5	47	18	24	21.5	32
65	L	27	165	50	17	22.4	20.7	28.9
66	L	27	169	51	19.4	20.5	15	29
67	L	27	163	59	17.7	23.9	20.9	30.5
68	L	27	166	85	25	30.6	27	35.3
69	L	27	170	46	16.5	23.5	21.5	30
70	L	27	155	49	18	23	19	29
71	L	27	158	55	20	24	21.5	30
72	L	27	168	55	18	25.5	21.5	32
73	L	27	170	48	15	23	19.5	30.5
74	L	27	158	45	17	21	21	30
75	L	27	159	55	21.5	27	24.5	33
76	L	28	163	60	20.8	24.3	19	29.6
77	L	28	153	42	18	23	18.5	27
78	L	28	172	70	19.5	31.2	23	32
79	L	29	165	55	18	25	20	30
80	L	29	173	57	18.5	26.5	22	32
81	L	29	167	55	18	25	21	30
82	L	29	166	54	18.5	25	21	31
83	L	29	155	49.5	16.5	21	19.5	26
84	L	29	165	55	17.8	23	20.9	30
85	L	29	168	60	19	24.5	21.3	31.2
86	L	29	172	69	17.3	26.4	19	31.6
87	L	29	172	71	20.5	26.5	22.5	33.5
88	L	29	180	90	24.5	31.5	26	36.5
89	L	29	164	56	19	25	21	32
90	L	29	160	51	16	22	20	29.5
91	L	29	157	49	19	23	23	28.5
92	L	29	165	46	14.5	22.5	20	31
93	L	30	164	55	17.5	24.5	22	31
94	L	30	156	63	22	26	24	31.5
95	L	30	166	43	14.1	19	16.9	28
96	L	30	171	57	18	24	19	29

DATA PENELITIAN ESD
PENENTUAN UKURAN TUBUH STANDAR/REFERENSI MANUSIA (REFERENCE MAN)

No	L/P	Usia (tahun)	Tinggi (cm)	Berat (kg)	Tebal Perut (cm)		Tebal Pinggul (cm)	
					AP	Lateral	AP	Lateral
97	L	30	164	62	22.7	26.3	23	31
98	L	30	167	65	21	27	22	32
99	L	30	169	71	23	30.7	23.8	35
100	L	30	179	80	22	30	25	34.5
101	L	30	176	84	23.5	30	26.5	34.9
102	L	30	175	103	27.2	33.4	21	37
103	L	30	154	50	19.5	24	21	28.2
104	L	30	165	62	19.5	25	22	30
105	L	31	163	50	18.5	22.5	20.5	28
106	L	31	164.5	59	22	24.5	22.5	31
107	L	31	164	47	15.2	21.6	18.9	26.8
108	L	31	163	75	22.5	27.9	25	31.8
109	L	31	165	77	24	31	27.1	33.5
110	L	31	178	77	26.2	33.7	25.1	34.8
111	L	31	157	79	27	33.3	25.5	34.8
112	L	31	168	110	31.5	36.5	33	37.7
113	L	31	163	63	20	26.5	22.2	32
114	L	31	170	70	22	27.5	24	35
115	L	32	165	68	23	29	26	32.5
116	L	32	167	63	22	31	24	35
117	L	32	152	49	17	24.5	20.5	29.5
118	L	32	169	57	17.8	24.3	27	34.2
119	L	32	153	58	18	22	21.7	29.8
120	L	32	175	72	22.5	27	23.5	33
121	L	32	158	45	17	22	21	28
122	L	32	160	57	18.5	26	23	32
123	L	33	155	71	25.5	30	24	32.3
124	L	33	176	66	18	25.5	24	33
125	L	33	160	47	17	21.5	19	33
126	L	34	165	47	18	23	19	31
127	L	34	156	63	22	29	24.5	35
128	L	34	167	65	20	25.5	22	32
129	L	35	157	50	19	24	23	30
130	L	35	167	50	17	20.5	22	30
131	L	35	165	57	20	24.5	23.5	31
132	L	35	165	47	15.7	24.5	19.7	30.5
133	L	35	167	55	18.5	24	21	30
134	L	35	175	73	22	30	24.5	33.4
135	L	35	165	52	20	23.5	21	28.5
136	L	35	167	55	16	25	21.5	31
137	L	35	170	60	21	25	25	31
138	L	35	165	60	19	24.5	24	33
139	L	35	172	54	18	23	20	31
140	L	35	147	51	20.5	23.5	21	30
141	L	35	161	48	19.5	24	21.5	30.5
142	L	35	168	55	18.5	23.5	21	30.2
143	L	36	165	60	18	29	20.5	31
144	L	36	165	51	19	26	20.5	32

DATA PENELITIAN ESD
PENENTUAN UKURAN TUBUH STANDAR/REFERENSI MANUSIA (REFERENCE MAN)

No	L/P	Usia (tahun)	Tinggi (cm)	Berat (kg)	Tebal Perut (cm)		Tebal Pinggul (cm)	
					AP	Lateral	AP	Lateral
145	L	36	168	65	24.2	28.5	24.7	31.7
146	L	36	165	70	21	29.5	25.5	32.5
147	L	36	182	74	20.7	29.5	23.5	35.3
148	L	36	154	58	21.5	26.5	25.5	31
149	L	37	173	61	23	30.5	24	35
150	L	37	156	55	20	28.5	21.2	30
151	L	37	158	60	20	24	22.5	30.5
152	L	37	159	60	22.5	28.5	21.4	31
153	L	37	173	77	25.8	31.3	26	34.5
154	L	37	154	46	17	24	19	31
155	L	38	165	61	18	29.5	22	33
156	L	38	164	49	16.5	23.5	21.5	32
157	L	38	169	54	18.5	23	19	28.6
158	L	38	172	81	21	29.2	24	32.1
159	L	38	158	85	32	32.5	33	36
160	L	38	173	51	19	24.5	24.5	31
161	L	39	161	41	15	22.5	17.8	27.7
162	L	39	163	56	21	27	24	31
163	L	39	165	64	19.5	29.7	25.2	32.5
164	L	39	169	72	21	28.5	23.5	33.5
165	L	39	172	80	25.5	32	27.5	33.7
166	L	40	165	60	23.5	27	24	32
167	L	40	168	52	18	24	21	31
168	L	40	153	54	18	25	22	33
169	L	40	180	59	18.7	25.1	20.8	31.5
170	L	40	167	64	22	25.9	22.2	30
171	L	40	154	52	15.5	25.5	20	30
172	L	40	162	57	21	25	24	30
173	L	40	161.5	48	18	23	21.5	27.5
174	L	41	164	74	25	28.5	25.5	36
175	L	41	167	66	22	27	23.1	30.7
176	L	41	163	73	22.2	29.5	23.5	32.8
177	L	41	170	83	24.2	29.6	27.3	34.6
178	L	41	170	56	18	24	22.5	30.5
179	L	42	168	53	15.5	21.3	19.5	30.5
180	L	42	170	55	21.5	24	20	31.5
181	L	42	164	61.5	22	25	21.8	30.6
182	L	42	165	62	20	26	22	32
183	L	42	163	63	20	25	22	31
184	L	42	168	50	18	23	21	29.5
185	L	43	165	44	14.5	21.5	18	20.5
186	L	43	163	45	15.5	20.5	18.2	29
187	L	43	170	51	15.9	26.5	16	31.8
188	L	43	167	95	31	35.5	30	38.5
189	L	43	169	62	20	27	25	31.5
190	L	43	170	55	20	26	22	31
191	L	44	161	63	23.5	27	24.5	31
192	L	45	165	62	23	26.5	25	32

DATA PENELITIAN ESD
PENENTUAN UKURAN TUBUH STANDAR/REFERENSI MANUSIA (REFERENCE MAN)

No	L/P	Usia (tahun)	Tinggi (cm)	Berat (kg)	Tebal Perut (cm)		Tebal Pinggul (cm)	
					AP	Lateral	AP	Lateral
193	L	45	169	74	23.5	28.5	26	31.5
194	L	45	164	85	28.8	33.5	21	33.8
195	L	45	165	72	23.5	28	25	34.5
196	L	45	165	50	17.5	28.5	21	32
197	L	46	157	51	19.3	25.5	20.5	29.2
198	L	46	165	60	19.5	25	21.7	31
199	L	46	172	72	21.5	28	24	31.2
200	L	46	171	78	25	30.8	26	33.3
201	L	46	182	95	29.7	34.5	25.5	33.5
202	L	46	168	51	16.5	23.5	21	31
203	L	46	174	51	17	23	21	28
204	L	47	160	61	20.6	26	21	32.5
205	L	47	167	67	22.5	27.7	22.5	33.5
206	L	47	168	67	24	28	27	33
207	L	47	168	58	18	25	22	30.5
208	L	48	172	75	27.5	33	29	36
209	L	48	160	63	21.3	26	23	29.5
210	L	48	158	75	27.6	31.7	27.8	30.8
211	L	48	172	56	18.5	24	22	31
212	L	48	170	59	19.5	24	23	32.5
213	L	48	155	55	16.5	23.5	19	30.5
214	L	49	165	67	27	35	30	35
215	L	49	160	56	20	25	20.5	30
216	L	49	162	60	21	25	24.5	31
217	L	50	165	70	26	32	29	32.3
218	L	50	170	75	25	29	26	33
219	L	50	152	40	17	22	16.5	28
220	L	50	158	51	18	23.5	21	28.5
221	L	51	169	55	18.5	22.8	22	29
222	L	51	170	79	30.2	32.6	28.8	34
223	L	51	170	82	24	33.2	25	35.1
224	L	51	163	93	30.2	35.3	31.5	35.7
225	L	51	169	50	19	22.5	22	30.2
226	L	52	163	40	19	25	21	30
227	L	52	160	67	25	30	27	31
228	L	52	164	64	22.5	27	24	32.5
229	L	52	169	54	19	25.5	22.5	34
230	L	52	163	65	22.5	28	24.5	32
231	L	53	159	53	23.5	31	23	32
232	L	53	168	55	20	26	21	29.8
233	L	53	172	70	18.5	25.5	23	36
234	L	53	169	73	26.5	31	27.5	34
235	L	53	156	50	17	22.5	19	30
236	L	54	152	54	19	24.5	22	30
237	L	54	160	59	25.2	28.5	27.5	33
238	L	54	163	63	24.4	28.7	24	32.3
239	L	54	155	51	18.5	23.5	19.5	29
240	L	55	170	45	17	22.5	20.5	30.5

DATA PENELITIAN ESD
PENENTUAN UKURAN TUBUH STANDAR/REFERENSI MANUSIA (REFERENCE MAN)

No	L/P	Usia (tahun)	Tinggi (cm)	Berat (kg)	Tebal Perut (cm)		Tebal Pinggul (cm)	
					AP	Lateral	AP	Lateral
241	L	55	165	50	19.5	25	21.5	30
242	L	55	170	95	28.5	37.5	30	36.5
243	L	55	169	76	26.5	33	27.5	34.5
244	L	55	173	78	27.6	33.1	28.2	36.3
245	L	55	173	82	27.4	31.1	30.2	35.2
246	L	56	159	76	28	32.5	31	33
247	L	56	169	83	26.5	29	27.5	35.5
248	L	57	160.5	50	21.5	28	22.5	29
249	L	58	168	69	23	31	24	34
250	L	58	152	59	22.5	27	22	31
251	L	58	173	71	24.3	30	24.1	33.3
252	L	59	165	48	17	21	22.5	29
253	L	60	168	66	24	29	26	33
254	L	62	162	58	23.5	29	24	31
255	L	62	171	84	27.5	32	27.5	39
256	L	63	160	59	22.5	26	26	31
257	L	63	158	50	18	23	21	30
258	L	63	147	50	19.5	26.5	22	31.5
259	L	65	158	50	18	24.5	23	30
260	L	70	155	42	17.5	21.5	22	28
261	L	70	165	53	17.5	26	20	32
262	L	75	155	59	23	25	25.5	31.5
263	L	81	164	50	17	23	19.5	30.5
264	L	86	145	44	19	24.7	23	30.5
265	P	19	149	45	17.3	22.2	19.5	27.5
266	P	19	151	48	21.5	25	22.5	31
267	P	20	145	43	17	21.6	19.1	28.5
268	P	20	150	45	16.5	21	21	29.5
269	P	21	148	43	17	22.5	21	31
270	P	21	152	39	16.1	19.5	18.5	27
271	P	21	154	54	20.5	29	22.5	32
272	P	21	156	40	17.5	22	22.5	30.5
273	P	22	152	42	17.5	21.5	21	28.5
274	P	22	155	58	21.5	25.5	25.5	33.5
275	P	22	160	63	23	28	25.5	36
276	P	22	143	41	16	22.3	20.5	29.2
277	P	22	145	45	17.4	24.5	20.9	28.7
278	P	22	152	50	14.5	20	18.7	28.5
279	P	22	153	52	18	23.5	22	31.5
280	P	22	157	67	23	26	27	33
281	P	22	158.5	53	21.5	26	24.5	31
282	P	22	148	44	18.5	21	21.5	29
283	P	23	154	64	22	25	28	35.5
284	P	23	161	60	19	24.5	23	33.5
285	P	23	151	50	20	23	24	30.5
286	P	23	143.5	50	20	24.5	23	31
287	P	23	146	42	16.7	21.9	19.5	28.3
288	P	23	149	45	18.5	25.5	22	31

DATA PENELITIAN ESD
PENENTUAN UKURAN TUBUH STANDAR/REFERENSI MANUSIA (REFERENCE MAN)

No	L/P	Usia (tahun)	Tinggi (cm)	Berat (kg)	Tebal Perut (cm)		Tebal Pinggul (cm)	
					AP	Lateral	AP	Lateral
289	P	23	160	45	15	22	18.5	30
290	P	23	156	46	21	21	17	27.5
291	P	23	154	50	17.5	22.5	21.5	29.5
292	P	23	152	55	17.5	24	22.5	31.5
293	P	23	158	60	17.8	28	24	35
294	P	23	155	66	26	30.5	26.5	35
295	P	23	156	89	24.5	27	32	40
296	P	23	150	43	20	23.5	21.5	30
297	P	23	150	48	17.5	22	22.5	30
298	P	23	144.5	38	16	21	19	31
299	P	24	147.5	52	21.5	25.5	25	31
300	P	24	150	45	17	21	21.5	30
301	P	24	149	45	16.5	21.5	21.5	30
302	P	24	151	64	23	27.5	24	34.5
303	P	24	150	42	15.1	24.5	18.5	28.7
304	P	24	157	62	20	23	24	33
305	P	24	153	49	19	23	23.5	33.5
306	P	25	147	48	20	24	25	31.5
307	P	25	146	40	16.5	20.5	20.5	27
308	P	25	151	63	23	28.5	26	34
309	P	25	145	49	17.5	22.8	23.5	31.5
310	P	25	153	50	17.5	22.5	20.4	31.5
311	P	25	160	60	19.5	25.5	25	32.2
312	P	25	143	47	21	24	22.5	29
313	P	25	155	58	21.5	21	24	29.5
314	P	25	142.5	35	18	19.5	19	27
315	P	25	150	47	18	22.5	22	31
316	P	25	152	63	21	25	25.5	33.5
317	P	26	157	42	16	22.5	20.5	30.5
318	P	26	153	46	19	24	22.5	30.5
319	P	26	162	63	22.5	26.5	24.5	34
320	P	26	152	70	25	28.5	30	36
321	P	26	146	44	16	19.5	18	27.5
322	P	26	148	60	25	27.5	28	33
323	P	26	154	46	16.5	21	20	31.2
324	P	26	158	45	18.5	23	21.5	32.2
325	P	27	156	40	15	21	18.5	29
326	P	27	147	50	19.5	23	23	30
327	P	27	152	50	16	22.5	23	31
328	P	27	157	57	19	25	24	34
329	P	27	158	50	17	22.5	21	30.5
330	P	27	153	54	25	25.5	24.3	32
331	P	27	151	59	20	27	25	34
332	P	27	156	60	20	24	24	32.5
333	P	27	159	72	21.4	27	28	34.5
334	P	27	147	49	19.5	23.5	22.5	31
335	P	28	150	48	17	21.5	22	28.5
336	P	28	148	60	24	26.5	26	31

DATA PENELITIAN ESD
PENENTUAN UKURAN TUBUH STANDAR/REFERENSI MANUSIA (REFERENCE MAN)

No	L/P	Usia (tahun)	Tinggi (cm)	Berat (kg)	Tebal Perut (cm)		Tebal Pinggul (cm)	
					AP	Lateral	AP	Lateral
337	P	28	158	60	22	25.5	26	34
338	P	28	142	49	23	24	25	32
339	P	28	152	52	18	23	22.5	31.5
340	P	28	167	53	17.5	23.4	19.3	28
341	P	28	160	68	24	26.5	24.7	34.5
342	P	29	157	51	19	22.5	22	31
343	P	29	165	58	19.5	25	23.5	33
344	P	29	156	50	19	23.5	24.5	32.5
345	P	29	164	60	21	25	24	33
346	P	29	150	47	18.8	24.5	21.5	29.5
347	P	29	162	60	19	26	24	33.5
348	P	29	161	80	22.8	30.8	27.5	34.7
349	P	29	151	51	17.5	22	23	32
350	P	29	148	54	20	23	23.5	31
351	P	29	154	55	21	26	22	32
352	P	29	155	50	19	24	23	32
353	P	30	152	50	17.5	22.5	22.5	32.5
354	P	30	153	54	19	24.5	22.5	31
355	P	30	155.5	59	21	27.5	25	33
356	P	30	151	62	24	28.5	30.5	34.5
357	P	30	152	43	14	23	18.5	28.5
358	P	30	158	46	19	23	19.9	29.5
359	P	30	159	47	17	22	20.5	29
360	P	30	147	51	23.8	28.3	23.4	30.8
361	P	30	151	51	17	23.5	22	30.5
362	P	30	153	56	21.5	25	22.5	31
363	P	30	158	70	23.5	29	25.5	35
364	P	30	163	72	24	26	27	32.5
365	P	30	143	41	17	22	21.5	29
366	P	30	155	75	22	26.5	30.5	37
367	P	30	159	74	20	26	30	34.2
368	P	30	150	50	20	22	22	28
369	P	30	155	54	18	24	23.5	33
370	P	31	145	54	21.5	23.5	24	31
371	P	31	152	48	17.2	21	20.3	28.5
372	P	31	150	65	25	25	27	32
373	P	31	151	49	18	23	22	27.5
374	P	31	154	48	17.5	23	21.5	30.5
375	P	32	156	44	17.5	22	20	30
376	P	32	146	49	16.5	22	22	31
377	P	32	166	66	23	28	26	35
378	P	32	151.5	46	21	22.5	23	29
379	P	32	155.5	68	22.5	26	26.5	34
380	P	32	152	57	20.5	26.5	25.5	32
381	P	32	165	50	19	24.5	23	34
382	P	32	156	57	20	22.5	24	32.5
383	P	33	153	43	17.5	22.5	20.5	27.5
384	P	33	156	62	23	26.5	27	34

DATA PENELITIAN ESD
PENENTUAN UKURAN TUBUH STANDAR/REFERENSI MANUSIA (REFERENCE MAN)

No	L/P	Usia (tahun)	Tinggi (cm)	Berat (kg)	Tebal Perut (cm)		Tebal Pinggul (cm)	
					AP	Lateral	AP	Lateral
385	P	33	145	54	22.5	22	27	32
386	P	34	157	54	19.5	24.5	24.5	33.5
387	P	34	165.5	63	22.5	27	24.5	33
388	P	34	155	54	19.5	23	21.5	31
389	P	34	159	60	23	25	25	34
390	P	34	159	70	24	28	26.2	33
391	P	34	155	60	20	25	24.5	34
392	P	35	157	45	19	21.5	23	31
393	P	35	150	50	20	26.5	22	31
394	P	35	149	45	17.5	21.5	24	31
395	P	35	154	74	25	29	30.5	38
396	P	35	145	38	19	22.5	15.5	26.5
397	P	35	153	56	20.5	23.1	20.8	29.8
398	P	35	156	61	22	25.5	25.5	32.5
399	P	35	165	71	24	30.5	27.2	36
400	P	35	154	70	23	29.5	26	34
401	P	35	149	37	17.5	20.5	18	28.5
402	P	35	152.2	60	21.5	25.5	26	31.5
403	P	35	155	46	18.5	22.2	22.2	30.5
404	P	35	151	53	19	24	23	32
405	P	36	149	67	25	27.5	30.5	33.5
406	P	36	153	50	19	24.5	23.2	31
407	P	36	157	50	17.5	27.5	22.3	32
408	P	36	151	52	20.8	23.6	27.1	30.1
409	P	36	150	59	25.5	26	21	31.5
410	P	36	155	61	21.9	29	25	34.5
411	P	36	153	63	24.5	29	28	35.5
412	P	36	153	66	22.2	28	26	33
413	P	36	158	67	22.5	30	24	35
414	P	36	160	76	23	27.5	27	34.5
415	P	36	154	83	25.2	31.5	28.5	38
416	P	36	150	44	16.5	23	23	31
417	P	36	156	53	17	21	22	30
418	P	37	148	44	20	22	22.5	29
419	P	37	149	52	20	25.5	22.5	32.2
420	P	37	160	56	14	23.5	22.5	23.5
421	P	37	148	57	21.5	24.3	25.2	31.5
422	P	37	164	71	23	28.5	29	37
423	P	37	160	82	26.5	32.5	32	37.5
424	P	37	155	84	26.8	33.1	28.2	35.3
425	P	37	148	67	26	27.5	26.5	34.5
426	P	37	155	45	17	21	19	30
427	P	37	153	45	18.5	22.5	22	29.5
428	P	37	150	53	21	23.5	24	31
429	P	38	151	66	21.5	26.5	28.5	36
430	P	38	152	60	22.5	28	25	34
431	P	38	161	52	18.5	24	22	30
432	P	38	156	65	26	30	28	36

DATA PENELITIAN ESD
PENENTUAN UKURAN TUBUH STANDAR/REFERENSI MANUSIA (REFERENCE MAN)

No	L/P	Usia (tahun)	Tinggi (cm)	Berat (kg)	Tebal Perut (cm)		Tebal Pinggul (cm)	
					AP	Lateral	AP	Lateral
433	P	38	165	78	27	30	30.5	33.5
434	P	38	148	39	18	23.5	24	31.5
435	P	39	148	42	19	21	20.5	29
436	P	39	150	43	17	24	20.3	27.3
437	P	39	152	61	20.5	28	23.5	34
438	P	39	156	61	23.5	28.4	26	33
439	P	39	154	62	24.1	27	27	33.1
440	P	39	154	76	28	32.5	29	33
441	P	39	147	40	19	21	21.5	28.5
442	P	39	147.5	42	17	21.5	21	29
443	P	40	152	58	22	27.5	25.5	36.5
444	P	40	165	60	18	24.5	24.5	34
445	P	40	143	43	19.2	23.5	22	27.5
446	P	40	158	60	19	25	21	34
447	P	40	155	75	27.5	29	31.5	33
448	P	40	148	45	18.5	23	22	31
449	P	40	140	49	22.5	25	25	31
450	P	40	151	54	20.5	25	25.5	32
451	P	40	152	63	22.7	25.5	26.5	33.5
452	P	40	147	60	21	25	26.5	35
453	P	41	145.5	47	19	23.5	22.5	29.5
454	P	41	157	52	20	25	22	32.5
455	P	41	155	63	20.5	24	26	34
456	P	41	148	44	16	22.3	21.7	31.6
457	P	41	154	45	19	23.2	21.5	30
458	P	41	154	51	20.9	24.7	23.5	31.9
459	P	41	160	57	21.2	28	23.5	35.5
460	P	41	147	62	22.6	27.5	28	32.8
461	P	41	156	64	21.5	26.5	27	33.5
462	P	41	154	72	27.3	31	27.5	36.3
463	P	42	147	64	23	27.5	28.5	35
464	P	42	157	59	21	26.5	24	36
465	P	42	160	82	27	30	31	39
466	P	42	165	62	22	25	26	32.3
467	P	42	164	65	20.7	26	24.2	31.5
468	P	42	155	97	30.5	33.5	35	39
469	P	43	147	45	21	23	24	31.5
470	P	43	165	52	20	27	21.6	31.5
471	P	43	152	76	26.5	30.5	30	38.5
472	P	43	145	50	18	24	22.5	29
473	P	44	153	50.5	19.8	26	21.5	30
474	P	44	148	57	22.5	26	26	32
475	P	44	147	82	31	29.7	33.6	39.4
476	P	44	155	45	16.5	22	22	32
477	P	45	158	53	17.5	24	23	30
478	P	45	145	67	29	32	33.5	32.5
479	P	45	151	54	19.5	23	24.5	31
480	P	45	147	52	17.5	22.5	22	32

DATA PENELITIAN ESD
PENENTUAN UKURAN TUBUH STANDAR/REFERENSI MANUSIA (REFERENCE MAN)

No	L/P	Usia (tahun)	Tinggi (cm)	Berat (kg)	Tebal Perut (cm)		Tebal Pinggul (cm)	
					AP	Lateral	AP	Lateral
481	P	45	149	54	20.7	24	24.5	27.8
482	P	45	146	55	18	26.3	23.7	32.5
483	P	45	155	57	22.3	27	25.5	32.5
484	P	45	156	40	17	22	20.5	29
485	P	45	145	45	19	22	23	32.5
486	P	46	159	50	17.5	22.5	22	28.5
487	P	46	153	41	17	21.5	19.5	28
488	P	46	151	58	21	24	27.5	32.5
489	P	46	159	60	22.5	25	26	33.5
490	P	47	153	66	26	31	23.5	33.5
491	P	47	143	53	21	26	25.5	34.5
492	P	47	144	41	17	22	20	29
493	P	48	145	67	27	27.7	27.2	33.2
494	P	49	152	52	20	23.5	24.5	31
495	P	49	149	64	26	28.3	27.8	36
496	P	49	152	65	21	28	25.5	33
497	P	49	154	86	31	35.5	33	38.5
498	P	49	151	77	27	31	32	39
499	P	49	155	74	28	30	31	34
500	P	50	147	47	20	24	23	29
501	P	50	153	63	24	28	28.5	33
502	P	50	152	52	23.2	27.2	26	33.5
503	P	50	164	63	22.5	26.6	24.5	33.3
504	P	50	154	65	23	27	26.4	34.5
505	P	50	156	70	27.1	30.3	28	35.6
506	P	50	158	51	17	22.5	26	30.5
507	P	50	152	60	20	24	25	31
508	P	50	154	55	21.5	25.5	25	29
509	P	50	145	41	17	21.5	23	29
510	P	50	148	40	17.5	21.2	22.2	30
511	P	50	148.5	55	23	25.5	27	30
512	P	50	153	63	24	27	27	32
513	P	51	152	58	20.5	24	24	31.5
514	P	51	157	77	29	31	33.5	30.2
515	P	52	157	64	25	28.5	21	33.6
516	P	52	154	65	23	39	26	34
517	P	52	154	70	27.5	31.5	30	32
518	P	52	143	49	21	25	24	31
519	P	53	149.5	56	24	27.5	24.5	35
520	P	53	147	54	23	25	24	33.5
521	P	53	143	47	22.5	26	25.5	29
522	P	54	152	32	17.5	21	23	29
523	P	55	143	50	21	28	25	31
524	P	55	155	52	17.5	25	23	33.5
525	P	56	154	52	22.5	25.5	25	32
526	P	56	149	57	22.5	27.5	27.5	32.5
527	P	56	165	39	15	21	20	31
528	P	56	149	43	16.5	21.5	20	28

DATA PENELITIAN ESD
PENENTUAN UKURAN TUBUH STANDAR/REFERENSI MANUSIA (REFERENCE MAN)

No	L/P	Usia (tahun)	Tinggi (cm)	Berat (kg)	Tebal Perut (cm)		Tebal Pinggul (cm)	
					AP	Lateral	AP	Lateral
529	P	60	146	37	17.5	25	18.5	29
530	P	60	156	73	25.3	27.7	29	33.8
531	P	60	165	45	16	21	20	30
532	P	63	151	49	19	22.5	25	30
533	P	64	145	39	19.5	20	29	29
534	P	65	142	52	25.5	27.5	28	31
535	P	66	148	45	22	19	22	31
536	P	74	145	44	20	20	22.5	27
537	P	75	145	36	18	22	21	29
AVRG	L	36.8	165.0	60.0	20.2	26.1	22.5	31.3
STDEV	L	12.8	6.4	12.1	3.5	3.5	3.0	2.4
AVRG	P	36.1	152.7	55.2	20.6	25.0	24.1	31.9
STDEV	P	10.8	5.5	11.1	3.3	3.1	3.3	2.7
AVRG	Total	36.4	158.8	57.6	20.4	25.5	23.3	31.6
STDEV	Total	11.8	8.6	11.8	3.4	3.4	3.3	2.6
LAKI-LAKI > 50	AVRG		163.38	61.91	22.25	27.59	24.22	32.17
	STDEV		7.02	14.05	3.97	4.01	3.28	2.51
30≤LAKI-LAKI≤50	AVRG		165.31	62.04	20.76	26.61	22.91	31.65
	STDEV		6.50	12.52	3.64	3.52	2.99	2.42
30 < LAKI-LAKI	AVRG		165.42	56.35	18.47	24.70	21.03	30.28
	STDEV		5.83	9.35	2.19	2.64	2.20	2.03
PEREMPUAN>50	AVRG		150.60	51.13	21.26	25.32	24.46	31.05
	STDEV		6.50	11.87	3.72	4.58	3.69	2.13
30≤PEREMP≤50	AVRG		153.10	57.39	21.20	25.55	24.77	32.28
	STDEV		5.37	11.39	3.39	3.08	3.37	2.81
30 < PEREMPUAN	AVRG		152.69	52.33	19.34	23.92	22.86	31.37
	STDEV		5.47	9.53	2.68	2.47	2.76	2.40

JML PEREMPUAN	273	USIA>50	25	USIA<30	88
JML LAKI-LAKI	264	USIA>50	44	USIA<30	92
TOTAL	537	USIA>50	69	USIA<30	180

75th Percentile	44	165	64	22.5	27.5	25	33
MAX	86	185	110	32	39	35	40
MIN	18	140	32	14	19	15	20.5
1st Quartile	44	165	64	22.5	27.5	25	33
MEDIAN	35	158	55	20	25	23	31
MODUS	30	165	50	18	25	22	31

Lampiran 5. ESD abdomen, pelvis dan lumbosakral di rumah sakit A

RS. A		Direct measurement										Indirect Measurements				Indirect	Direct
		Patient		Examination Type	Exposure Factor			HVL (mmAl)	mean TLD (nC)	FK (mGy/nC)	ESD (mGy)	output at d, Y(d) (uGy/mAs)	Incident air kerma Ki (mGy)	ESAK (Ke) (mGy)	ESAK/mAs (mGy/mAs)	ESD/mAs (mSv/mAs)	
		M/F	Age		Thick	kV	mAs										FTD
F	47	18	Abdomen AP	73	16	107.5	89.5	3.028	19.802	0.044	0.864	28.080	0.642	0.886	0.055	0.054	
F	37	18	Abdomen AP	73	16	107.5	89.5	3.028	29.093	0.037	1.082	28.080	0.642	0.886	0.055	0.068	
M	38	17.5	Abdomen AP	73	16	107.5	90	3.028	23.498	0.037	0.874	28.080	0.635	0.876	0.055	0.055	
F	56	18	Abdomen AP	76	17	107.5	89.5	3.148	30.793	0.039	1.211	30.778	0.748	1.032	0.061	0.071	
F	56	18.5	Abdomen AP	76	17	107.5	89	3.148	27.919	0.038	1.060	30.778	0.756	1.044	0.061	0.062	
F	50	20.5	Abdomen AP	77	18	107.5	87	3.188	23.014	0.046	1.061	31.708	0.863	1.191	0.066	0.059	
F	62	21.5	Abdomen AP	79	22	107.5	86	3.268	29.231	0.040	1.163	33.615	1.145	1.580	0.072	0.053	
M	62	21.5	Abdomen AP	79	22	107.5	86	3.268	34.387	0.041	1.426	33.615	1.145	1.580	0.072	0.065	
F	48	22.5	Abdomen AP	79	22	107.5	85	3.268	32.620	0.041	1.353	33.615	1.172	1.617	0.074	0.061	
F	49	27.5	Abdomen AP	83	25	107.5	80	3.428	32.466	0.042	1.372	37.618	1.682	2.322	0.093	0.055	
F	56	29.5	Abdomen AP	88	28	107.5	78	3.608	45.808	0.045	2.062	42.425	2.235	3.085	0.110	0.074	
F	49	26.5	Abdomen AP	83	25	107.5	81	3.428	33.654	0.038	1.293	37.618	1.641	2.265	0.091	0.052	
M	45	28	Abdomen AP	83	25	107.5	79.5	3.428	32.338	0.038	1.242	37.618	1.704	2.351	0.094	0.050	
F	50	20.5	Pelvis AP	77	18	107.5	87	3.188	20.491	0.046	0.945	31.708	0.863	1.191	0.066	0.052	
F	50	21	Pelvis AP	77	18	107.5	86.5	3.188	21.454	0.039	0.828	31.708	0.873	1.205	0.067	0.046	
M	73	21.5	Pelvis AP	81	20	107.5	86	3.348	28.321	0.041	1.162	35.585	1.102	1.520	0.076	0.058	
M	56	28.5	Pelvis AP	83	20	107.5	79	3.428	33.871	0.044	1.501	37.618	1.380	1.905	0.095	0.075	
M	41	28	Pelvis AP	83	20	107.5	79.5	3.428	31.380	0.044	1.391	37.618	1.363	1.881	0.094	0.070	
F	61	27.5	Pelvis AP	85	22	107.5	80	3.508	26.978	0.051	1.378	39.715	1.563	2.157	0.098	0.063	
F	50	29.5	Pelvis AP	87	28	107.5	78	3.588	36.065	0.045	1.612	41.875	2.206	3.045	0.109	0.058	
F	50	30	Pelvis AP	87	28	107.5	77.5	3.588	39.813	0.045	1.780	41.875	2.235	3.084	0.110	0.064	
F	61	31.5	Pelvis AP	88	32	107.5	76	3.608	47.867	0.053	2.519	42.425	2.691	3.714	0.116	0.079	
F	52	18.5	Lumbosacral AP	81	20	107.5	89	3.348	25.366	0.041	1.041	35.585	1.029	1.420	0.071	0.052	
F	55	19	Lumbosacral AP	81	22	107.5	88.5	3.348	32.195	0.041	1.321	35.585	1.144	1.579	0.072	0.060	
M	56	19.5	Lumbosacral AP	83	20	107.5	88	3.428	27.574	0.042	1.165	37.618	1.112	1.535	0.077	0.058	
M	52	18.5	Lumbosacral AP	81	20	107.5	89	3.348	31.373	0.043	1.346	35.585	1.029	1.420	0.071	0.067	

(lanjutan)

M	45	19	Lumbosacral/AP	81	20	107.5	88.5	3.348	36.813	0.043	1.579	35.585	1.040	1.436	0.072	0.079
M	41	22.5	Lumbosacral/AP	83	22	107.5	85	3.428	30.663	0.038	1.178	37.618	1.311	1.810	0.082	0.054
M	33	23	Lumbosacral/AP	83	22	107.5	84.5	3.428	31.421	0.038	1.207	37.618	1.327	1.831	0.083	0.055
F	73	22.5	Lumbosacral/AP	83	22	107.5	85	3.428	31.709	0.042	1.340	37.618	1.311	1.810	0.082	0.061
F	33	22.5	Lumbosacral/AP	83	22	107.5	85	3.428	32.942	0.044	1.460	37.618	1.311	1.810	0.082	0.066
M	52	23.5	Lumbosacral/AP	83	22	107.5	84	3.428	29.847	0.044	1.323	37.618	1.343	1.853	0.084	0.060
M	46	31	Lumbosacral/AP	83	22	107.5	76.5	3.428	36.139	0.042	1.527	37.618	1.619	2.234	0.102	0.069
F	69	29.5	Lumbosacral/AP	85	25	107.5	78	3.508	22.706	0.043	0.987	39.715	1.868	2.578	0.103	0.039
M	69	29.5	Lumbosacral/AP	85	25	107.5	78	3.508	35.462	0.040	1.405	39.715	1.868	2.578	0.103	0.056
F	55	30.5	Lumbosacral/AP	85	25	107.5	77	3.508	30.757	0.040	1.219	39.715	1.917	2.646	0.106	0.049
F	48	20.5	Lumbosacral/LAT	77	20	107.5	87	3.188	22.706	0.039	0.876	31.708	0.959	1.324	0.066	0.044
F	48	21	Lumbosacral/LAT	81	28	107.5	86.5	3.348	33.370	0.041	1.369	35.585	1.525	2.104	0.075	0.049
M	42	22.5	Lumbosacral/LAT	81	28	107.5	85	3.348	37.119	0.037	1.381	35.585	1.579	2.179	0.078	0.049
M	36	24.5	Lumbosacral/LAT	81	28	107.5	83	3.348	44.153	0.037	1.642	35.585	1.656	2.285	0.082	0.059
M	46	27.5	Lumbosacral/LAT	88	25	107.5	80	3.608	39.559	0.045	1.780	42.425	1.897	2.618	0.105	0.071
M	56	27.5	Lumbosacral/LAT	88	22	107.5	80	3.608	38.054	0.045	1.713	42.425	1.670	2.304	0.105	0.078
F	35	28.5	Lumbosacral/LAT	88	25	107.5	79	3.608	38.565	0.048	1.833	42.425	1.946	2.685	0.107	0.073
M	40	28	Lumbosacral/LAT	88	25	107.5	79.5	3.608	36.760	0.048	1.747	42.425	1.921	2.651	0.106	0.070
F	46	34.5	Lumbosacral/LAT	89	31	107.5	73	3.668	51.625	0.046	2.371	44.100	2.937	4.053	0.131	0.076
F	46	34.5	Lumbosacral/LAT	90	32	107.5	73	3.708	50.237	0.047	2.338	45.237	3.110	4.292	0.134	0.073
M	31	35	Lumbosacral/LAT	90	32	107.5	72.5	3.708	44.680	0.049	2.203	45.237	3.153	4.351	0.136	0.069
F	29	34.5	Lumbosacral/LAT	90	32	107.5	73	3.708	47.749	0.049	2.354	45.237	3.110	4.292	0.134	0.074

Lampiran 6. ESD abdomen, pelvis dan lumbosakral di rumah sakit B

RS. B		Patient				Examination Type				Exposure Factor				HVL		Direct measurement			Indirect Measurements				Indirect		Direct
		M/F	Age	Thick	Type	kV	mAs			FSD	(mmAl)	mean TLD (nC)	FK (mGy/nC)	ESD (mGy)	output at d, Y(d) (uGy/mAs)	Incident air kerma Ki (mGy)	ESAK (Ke) (mGy)	ESAK/mAs (mGy/mAs)	ESD/mAs (mSv/mAs)	Direct					
							FTD	FTD	FTD																
M	67	18	Abdomen AP	80	36	100	82	2.964	35.236	1.271	0.036	1.271	56.316	3.015	4.161	0.116	0.035								
M	72	19	Abdomen AP	86	32	115	96	3.174	43.523	1.732	0.040	1.732	65.712	2.282	3.149	0.098	0.054								
F	60	19.5	Abdomen AP	88	32	115	95.5	3.244	42.808	1.757	0.041	1.757	69.015	2.422	3.342	0.104	0.055								
M	72	22.5	Abdomen AP	86	32	115	92.5	3.174	45.989	1.830	0.040	1.830	65.712	2.458	3.391	0.106	0.057								
M	72	21	Abdomen AP	86	32	115	94	3.174	50.207	1.998	0.040	1.998	65.712	2.380	3.284	0.103	0.062								
M	35	23	Abdomen AP	88	31.5	115	92	3.244	46.037	1.890	0.041	1.890	69.015	2.568	3.545	0.113	0.060								
M	35	22	Abdomen AP	88	31.5	115	93	3.244	44.840	1.840	0.041	1.840	69.015	2.514	3.469	0.110	0.058								
M	35	26.5	Abdomen AP	88	31.5	115	88.5	3.244	46.336	1.902	0.041	1.902	69.015	2.776	3.830	0.122	0.060								
M	35	27	Abdomen AP	88	31.5	115	88	3.244	46.361	1.903	0.041	1.903	69.015	2.807	3.874	0.123	0.060								
M	35	28	Abdomen AP	88	31.5	115	87	3.244	46.872	1.924	0.041	1.924	69.015	2.872	3.964	0.126	0.061								
M	35	30	Abdomen AP	88	31.5	115	85	3.244	51.291	2.105	0.041	2.105	69.015	3.009	4.152	0.132	0.067								
F	59	18	Lumbosacral AP	90	32	115	97	3.314	54.796	2.317	0.042	2.317	72.405	2.462	3.398	0.106	0.072								
F	56	19	Lumbosacral AP	96	50	123	104	3.524	69.670	3.207	0.046	3.207	83.094	3.841	5.301	0.106	0.064								
M	62	19.5	Lumbosacral AP	96	56	113	93.5	3.524	86.053	3.961	0.046	3.961	83.094	5.323	7.345	0.131	0.071								
M	81	19.5	Lumbosacral AP	96	63	113	93.5	3.524	106.795	4.257	0.040	4.257	83.094	5.988	8.264	0.131	0.068								
M	58	22.5	Lumbosacral AP	96	56	113	90.5	3.524	92.024	4.236	0.046	4.236	83.094	5.681	7.840	0.140	0.076								
F	71	23	Lumbosacral AP	96	63	121	98	3.524	97.559	4.490	0.046	4.490	83.094	5.451	7.522	0.119	0.071								
M	74	23.5	Lumbosacral AP	96	56	113	89.5	3.524	89.831	4.610	0.051	4.610	83.094	5.809	8.017	0.143	0.082								
F	65	24	Lumbosacral AP	99	50	115	91	3.629	97.047	4.648	0.048	4.648	88.733	5.358	7.393	0.148	0.093								
F	53	25	Lumbosacral AP	96	71	109	84	3.524	130.498	5.202	0.040	5.202	83.094	8.361	11.538	0.163	0.073								
F	73	29.5	Lumbosacral AP	96	63	111	81.5	3.524	126.733	5.833	0.046	5.833	83.094	7.881	10.876	0.173	0.093								
F	23	30	Lumbosacral AP	96	71	109	79	3.524	179.007	7.136	0.040	7.136	83.094	9.453	13.045	0.184	0.101								
F	46	30.5	Lumbosacral AP	96	71	131	100.5	3.524	163.947	7.546	0.046	7.546	83.094	5.841	8.061	0.114	0.106								
F	52	31.5	Lumbosacral AP	113	71	109	77.5	4.119	187.024	10.589	0.057	10.589	117.664	13.909	19.195	0.270	0.149								
M	58	20.5	Lumbosacral LAT	105	63	113	92.5	3.839	136.923	7.070	0.052	7.070	100.602	7.407	10.222	0.162	0.112								
M	62	21	Lumbosacral LAT	105	71	113	92	3.839	140.435	7.251	0.052	7.251	100.602	8.439	11.646	0.164	0.102								

(lanjutan)

M	81	22	Lumbosacral LAT	113	71	113	91	4.119	168.409	0.049	8.237	117.664	10.088	13.922	0.196	0.116
M	74	23	Lumbosacral LAT	113	71	113	90	4.119	158.500	0.053	8.372	117.664	10.314	14.233	0.200	0.118
F	56	27.5	Lumbosacral LAT	113	80	123	95.5	4.119	160.234	0.057	9.072	117.664	10.321	14.243	0.178	0.113
F	73	28	Lumbosacral LAT	104	79	111	83	3.804	179.413	0.051	9.152	98.569	11.303	15.599	0.197	0.116
F	65	28.5	Lumbosacral LAT	117	63	115	86.5	4.259	161.300	0.059	9.534	126.729	10.671	14.725	0.234	0.151
F	59	29	Lumbosacral LAT	117	71	115	86	4.259	181.426	0.059	10.724	126.729	12.166	16.789	0.236	0.151
F	46	34.5	Lumbosacral LAT	102	80	131	96.5	3.734	220.998	0.050	10.998	94.568	8.124	11.211	0.140	0.137
F	71	35	Lumbosacral LAT	117	80	121	86	4.259	187.113	0.059	11.060	126.729	13.708	18.917	0.236	0.138
F	53	36	Lumbosacral LAT	117	80	109	73	4.259	240.493	0.051	12.274	126.729	19.025	26.254	0.328	0.153
F	52	37	Lumbosacral LAT	121	80	109	72	4.399	247.603	0.062	15.253	136.153	21.011	28.996	0.362	0.191

Lampiran 7. ESD abdomen, pelvis dan lumbosakral di rumah sakit C

RS. C		Examination Type				Exposure Factor			HVL	Direct measurement			Indirect Measurements			Indirect	Direct
M/F	Age	Thick	Examination Type			mAs	FTD	FSD	(mmAl)	mean TLD (nC)	FK (mGy/nC)	ESD (mGy)	output at d, Y(d) (uGy/mAs)	Incident air kerma Ki (mGy)	ESAK (Ke) (mGy)	ESAK/mAs (mGy/mAs)	ESD/mAs (mSv/mAs)
			kV	FTD	FSD												
F	26	14	Abdomen AP	68	18	108	94	2.565	19.393	0.029	0.562	42.635	0.994	1.372	0.076	0.031	
F	28	16	Abdomen AP	68	18	108	92	2.565	28.621	0.025	0.724	42.635	1.038	1.433	0.080	0.040	
F	53	17.5	Abdomen AP	75	25	108	90.5	2.826	42.764	0.029	1.251	52.683	1.841	2.541	0.102	0.050	
M	18	19	Abdomen AP	75	25	108	89	2.826	46.604	0.029	1.363	52.683	1.904	2.627	0.105	0.055	
M	32	18	Abdomen AP	75	25	108	90	2.826	41.091	0.034	1.381	52.683	1.862	2.569	0.103	0.055	
F	34	21	Abdomen AP	75	28	108	87	2.826	45.520	0.034	1.530	52.683	2.231	3.079	0.110	0.055	
M	45	23	Abdomen AP	77	32	108	85	2.901	43.844	0.042	1.826	55.764	2.828	3.902	0.122	0.057	
F	45	22.5	Abdomen AP	77	32	108	85.5	2.901	60.054	0.030	1.825	55.764	2.795	3.857	0.121	0.057	
M	56	25	Abdomen AP	81	32	108	83	3.050	54.567	0.033	1.782	62.209	3.308	4.566	0.143	0.056	
M	40	24	Abdomen AP	81	32	108	84	3.050	52.118	0.033	1.702	62.209	3.230	4.457	0.139	0.053	
F	32	26.5	Abdomen AP	81	28	108	81.5	3.050	71.340	0.033	2.330	62.209	3.002	4.143	0.148	0.083	
F	45	29	Abdomen AP	85	32	108	79	3.199	66.972	0.035	2.339	69.034	4.053	5.593	0.175	0.073	
M	60	28	Abdomen AP	85	45	108	80	3.199	70.093	0.035	2.448	69.034	5.557	7.669	0.170	0.054	
M	54	29.5	Abdomen AP	87.5	40	108	78.5	3.292	65.846	0.036	2.393	73.494	5.462	7.537	0.188	0.060	
F	78	30	Abdomen AP	85	50	108	78	3.199	128.826	0.035	4.499	69.034	6.495	8.964	0.179	0.090	
F	48	20	Pelvis AP	75	18	108	88	2.826	29.451	0.034	0.990	52.683	1.402	1.935	0.107	0.055	
M	82	20.5	Pelvis AP	75	20	130	109.5	2.826	31.666	0.034	1.064	52.683	1.006	1.388	0.069	0.053	
F	70	21	Pelvis AP	75	25	108	87	2.826	37.373	0.033	1.235	52.683	1.992	2.749	0.110	0.049	
F	29	22.5	Pelvis AP	75	25	108	85.5	2.826	37.731	0.033	1.247	52.683	2.063	2.847	0.114	0.050	
F	35	24	Pelvis AP	75	25	108	84	2.826	38.769	0.033	1.281	52.683	2.137	2.949	0.118	0.051	
F	26	25	Pelvis AP	75	25	108	83	2.826	44.428	0.029	1.300	52.683	2.189	3.021	0.121	0.052	
F	62	26	Pelvis AP	75	25	140	114	2.826	46.497	0.034	1.562	52.683	1.160	1.601	0.064	0.062	
F	60	29.5	Pelvis AP	75	25	108	78.5	2.826	63.085	0.029	1.846	52.683	2.447	3.377	0.135	0.074	
F	57	30	Pelvis AP	77	22	143	113	2.901	62.427	0.030	1.897	55.764	1.100	1.518	0.069	0.086	
M	70	31	Pelvis AP	77	25	108	77	2.901	71.427	0.035	2.495	55.764	2.692	3.715	0.149	0.100	
F	20	16	Lumbosacral AP	75	25	109	93	2.826	41.266	0.041	1.671	52.683	1.743	2.406	0.096	0.067	
F	25	17.5	Lumbosacral AP	75	25	110	92.5	2.826	51.230	0.041	2.075	52.683	1.762	2.432	0.097	0.083	

(lanjutan)

F	70	18	Lumbosacral AP	75	25	108	90	2.826	77.410	0.029	2.265	52.683	1.862	2.569	0.103	0.091
F	28	18.5	Lumbosacral AP	77	14	108.5	90	2.901	56.978	0.042	2.374	55.764	1.103	1.523	0.109	0.170
F	53	19	Lumbosacral AP	77	28	109	90	2.901	74.009	0.035	2.585	55.764	2.207	3.046	0.109	0.092
F	20	19.5	Lumbosacral AP	77	25	109	89.5	2.901	78.038	0.030	2.372	55.764	1.993	2.750	0.110	0.095
F	40	22.5	Lumbosacral AP	77	28	109	86.5	2.901	81.415	0.035	2.844	55.764	2.389	3.297	0.118	0.102
M	60.5	22.5	Lumbosacral AP	77	25	108	85.5	2.901	97.028	0.030	2.949	55.764	2.183	3.013	0.121	0.118
F	57	23	Lumbosacral AP	79	25	108	85	2.975	94.092	0.032	2.966	58.939	2.335	3.222	0.129	0.119
F	60	23.5	Lumbosacral AP	79	22	108	84.5	2.975	84.859	0.035	2.997	58.939	2.079	2.869	0.130	0.136
F	48	24	Lumbosacral AP	79	20	109	85	2.975	90.013	0.036	3.264	58.939	1.868	2.578	0.129	0.163
M	48	24.5	Lumbosacral AP	79	28	108.5	84	2.975	81.661	0.043	3.496	58.939	2.678	3.695	0.132	0.125
M	56	25	Lumbosacral AP	81	28	109	84	3.050	90.581	0.044	3.983	62.209	2.826	3.900	0.139	0.142
M	53	29.5	Lumbosacral AP	81	32	108.5	79	3.050	96.256	0.044	4.233	62.209	3.652	5.040	0.157	0.132
M	46	29.5	Lumbosacral AP	83	36	108	78.5	3.124	117.629	0.039	4.577	65.574	4.386	6.053	0.168	0.127
M	64	31	Lumbosacral AP	83	32	109	78	3.124	127.272	0.039	4.953	65.574	3.949	5.449	0.170	0.155
M	48	30	Lumbosacral AP	85	36	108	78	3.199	140.219	0.040	5.643	69.034	4.677	6.454	0.179	0.157
F	64	30.5	Lumbosacral AP	85	50	108	77.5	3.199	147.286	0.035	5.144	69.034	6.580	9.080	0.182	0.103
F	70	30	Lumbosacral AP	85	45	108	78	3.199	127.453	0.039	4.938	69.034	5.846	8.067	0.179	0.110
M	45	31.5	Lumbosacral AP	90	45	108.5	77	3.386	180.141	0.038	6.802	78.104	6.787	9.366	0.208	0.151
F	48	23	Lumbosacral LAT	79	28	109	86	2.975	130.456	0.035	4.608	58.939	2.555	3.525	0.126	0.165
F	20	24	Lumbosacral LAT	81	36	109	85	3.050	131.619	0.036	4.799	62.209	3.549	4.897	0.136	0.133
M	53	24.5	Lumbosacral LAT	81	32	108.5	84	3.050	114.193	0.044	5.021	62.209	3.230	4.457	0.139	0.157
M	65	25	Lumbosacral LAT	85	45	150	125	3.199	135.896	0.039	5.265	69.034	2.276	3.141	0.070	0.117
F	19	25	Lumbosacral LAT	85	50	109	84	3.199	150.275	0.040	6.047	69.034	5.601	7.729	0.155	0.121
F	40	25.5	Lumbosacral LAT	87.5	50	109	83.5	3.292	158.030	0.042	6.622	73.494	6.034	8.327	0.167	0.132
F	25	25	Lumbosacral LAT	90	63	110	85	3.386	154.934	0.042	6.445	78.104	7.797	10.760	0.171	0.102
M	46	27.5	Lumbosacral LAT	90	45	108	80.5	3.386	156.688	0.044	6.826	78.104	6.210	8.569	0.190	0.152
F	53	28	Lumbosacral LAT	90	56	109	81	3.386	184.878	0.038	6.981	78.104	7.632	10.533	0.188	0.125
F	57	28.5	Lumbosacral LAT	90	63	108	79.5	3.386	145.413	0.049	7.151	78.104	8.914	12.301	0.195	0.114
F	70	28	Lumbosacral LAT	93	43	108	80	3.497	141.406	0.051	7.199	83.836	6.449	8.899	0.207	0.167
F	24	28.5	Lumbosacral LAT	96	25	108.5	80	3.609	151.642	0.048	7.210	89.786	4.015	5.541	0.222	0.288
M	48	29	Lumbosacral LAT	93	71	108	79	3.497	181.699	0.043	7.869	83.836	10.919	15.069	0.212	0.111
F	60	31	Lumbosacral LAT	96	40	108	77	3.609	200.894	0.041	8.269	89.786	6.935	9.570	0.239	0.207
M	56	34.5	Lumbosacral LAT	96	45	109	74.5	3.609	184.597	0.045	8.311	89.786	8.334	11.502	0.256	0.185
M	60.5	35	Lumbosacral LAT	96	40	108	73	3.609	185.844	0.053	9.784	89.786	7.716	10.648	0.266	0.245
M	64	35.5	Lumbosacral LAT	96	45	109	73.5	3.609	220.486	0.045	9.927	89.786	8.563	11.817	0.263	0.221
M	48	36.5	Lumbosacral LAT	96	40	108.5	72	3.609	242.214	0.048	11.516	89.786	7.932	10.946	0.274	0.288
F	70	38	Lumbosacral LAT	100	90	108	70	3.759	285.266	0.050	14.321	98.061	20.621	28.457	0.316	0.159
M	45	36	Lumbosacral LAT	102	56	108.5	72.5	3.833	223.869	0.056	12.562	102.346	12.484	17.228	0.308	0.224

Lampiran 8. Data ESD abdomen orang dan phantom untuk mencari faktor konversi phantom abdomen

DATA ESD ABDOMEN PASIEN DAN PHANTOM PADA KONDISI SAMA UNTUK MENCARI FAKTOR KONVERSI PHANTOM ABDOMEN

kV	mAs	ukuran ketebalan	Tebal (cm)	HVL (mmAl)	Luas lapangan (cm)	FSD sampel (cm)	FSD Phantom (cm)	ESD pd Jarak awal (mGy)		ESD pada jarak 100 cm (mGy)		Faktor konversi	Faktor konversi per ketebalan
								phantom	sampel	phantom	sampel		
73	16	S	18	3.028	35.6X35.8	89.5	89.27	1.024	0.864	0.816	0.692	0.848	0.887±0.034
			18	3.028	35.6X35.8	89.5	89.27	1.207	1.082	0.962	0.867	0.901	
			17.5	3.028	35.6X35.8	90	89.27	0.975	0.874	0.777	0.708	0.912	
79	22	M	21.5	3.268	43.2X35.6	86	89.27	1.202	1.163	0.958	0.860	0.899	0.899±0.016
			21.5	3.268	43.2X35.6	86	89.27	1.447	1.426	1.153	1.055	0.915	
			22.5	3.268	43.2X35.6	85	89.27	1.389	1.353	1.107	0.978	0.883	
83	25	L	26.5	3.428	35.6X45.6	80	89.27	1.211	1.372	0.965	0.878	0.91	0.908±0.002
			27.5	3.428	35.6X45.6	81	89.27	1.172	1.293	0.934	0.848	0.908	
			28	3.428	35.6X45.6	79.5	89.27	1.087	1.242	0.866	0.785	0.907	

*FSD=Jarak Fokus ke kulit sampel (pasien) / permukaan phantom (pada phantom)

Faktor konversi rata-rata = 0.90 ± 0.02

Lampiran 9. Contoh formulir yang digunakan untuk
mendapat persetujuan dari pasien

INFORMED CONSENT

Tanggal : / /

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama :

Usia :

Medical Record :

Bersama dengan ini bersedia menjalani pemeriksaan tambahan berupa pengambilan **data berat badan, tinggi badan** dan **tebal tubuh** (kepala, dada, perut, dan pinggang) untuk keperluan penelitian S2 Fisika Medis UI.

Tanda tangan peneliti

Tanda tangan pasien

.....

.....

(lanjutan)

INFORMED CONSENT

Tanggal : / /

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama :

Usia :

Medical Record :

Bersama dengan ini bersedia menjalani pemeriksaan tambahan berupa **pengukuran dosis radiasi pada permukaan kulit dengan TLD** untuk keperluan penelitian S2 Fisika Medis UI.

Tanda tangan peneliti

Tanda tangan pasien

.....

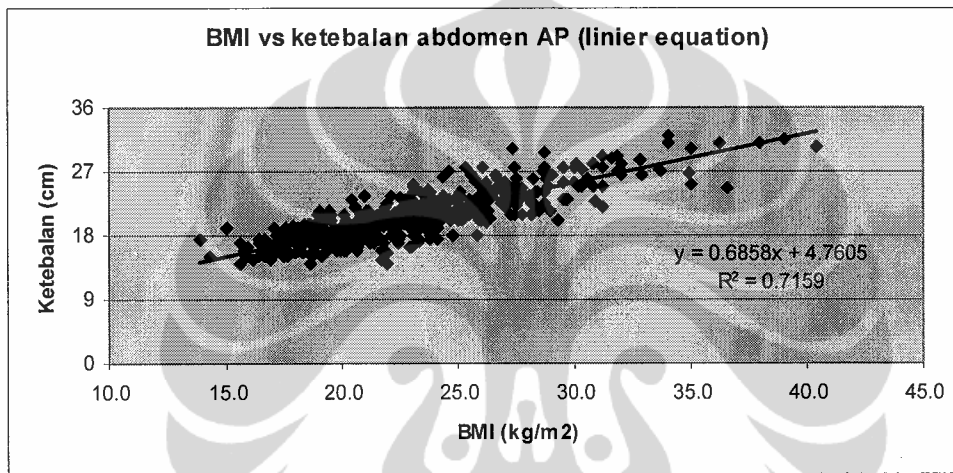
.....

Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengetahui secara lebih jelas pengaruh BMI (*Body Mass Index*) pada nilai ESD.

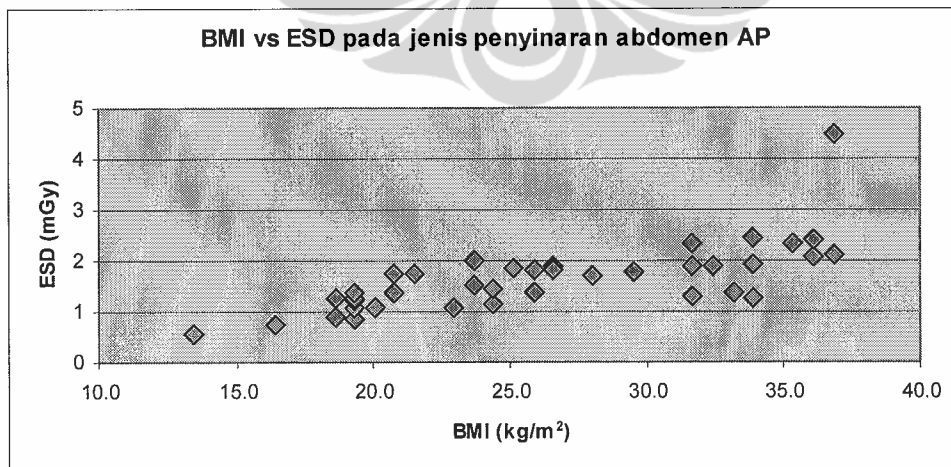
Hubungan antara ESD dan BMI disajikan dalam bentuk grafik, berikut ini:

1. Abdomen AP

Ketebalan abdomen AP dinyatakan dalam fungsi BMI dengan menggunakan persamaan linier.



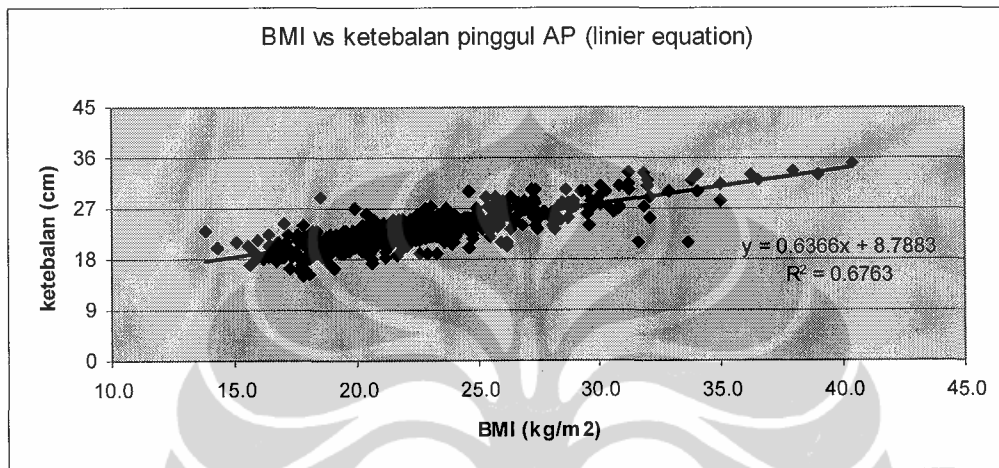
Pada grafik korelasi antara BMI dan ESD abdomen AP dapat dilihat bahwa kenaikan BMI berpengaruh pada ESD, ada kenaikan meskipun tidak terlalu besar.



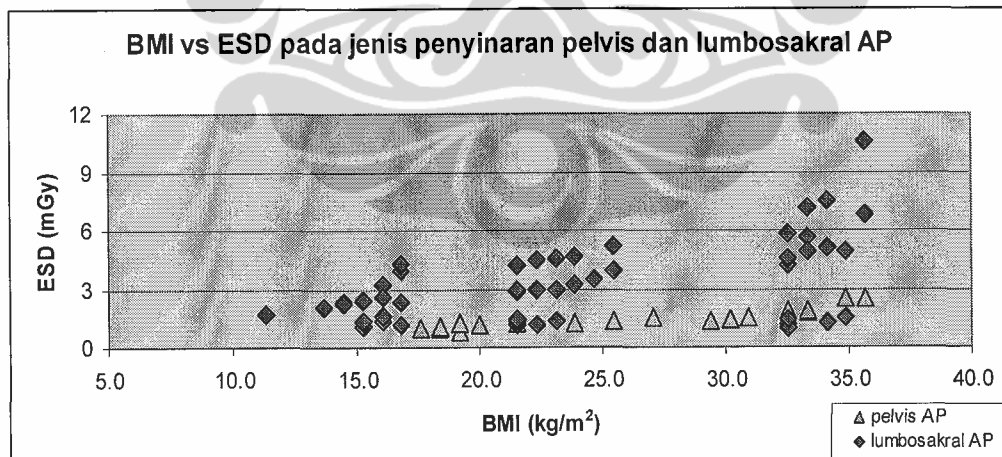
(lanjutan)

2. Pelvis AP dan Lumbosakral AP

Untuk pelvis AP dan lumbosakral AP grafik korelasi antara ketebalan dan BMI sama karena menggunakan ketebalan pinggul AP



Untuk pelvis AP, kenaikan BMI tidak terlalu berpengaruh pada kenaikan ESD, sedangkan untuk lumbosakral AP terlihat ESD naik seiring kenaikan BMI



(lanjutan)

3. Lumbosakral Lateral

Pada lumbosakral lateral, ketebalan pinggul lateral dinyatakan dalam fungsi BMI menggunakan regresi linier. Grafik korelasi antara bmi & ketebalan tidak terlalu bagus ($R^2=0.5$), sehingga pada grafik BMI vs ESD, ada nilai ESD pada BMI yang bernilai sangat kecil atau bahkan negatif.

