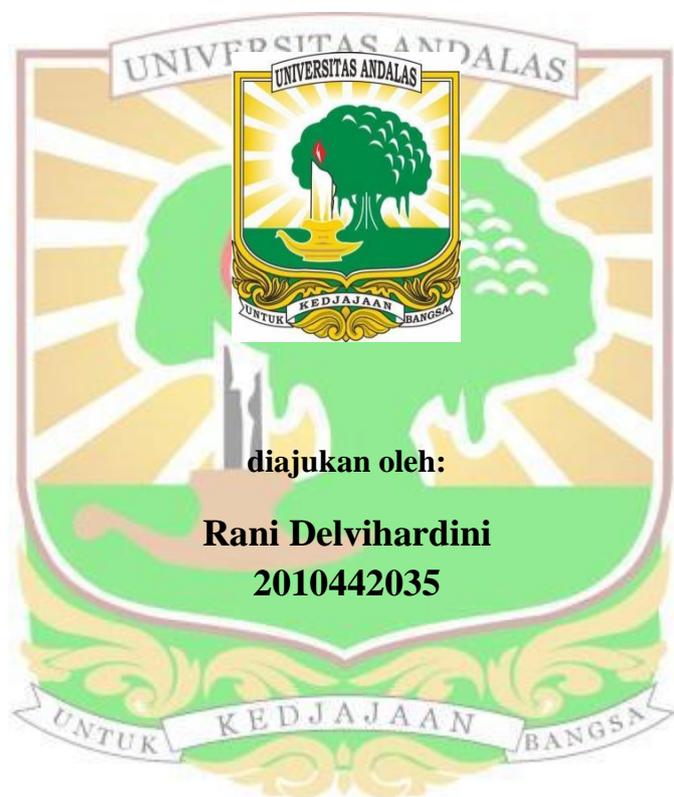


**OPTIMISASI PROTEKSI RADIASI PASIEN PEMERIKSAAN
CT SCAN BERDASARKAN NILAI DOSIS TIPIKAL
DI RUMAH SAKIT UNIVERSITAS ANDALAS**

SKRIPSI



diajukan oleh:

Rani Delvihadini

2010442035

**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG**

2024

**OPTIMISASI PROTEKSI RADIASI PASIEN PEMERIKSAAN
CT SCAN BERDASARKAN NILAI DOSIS TIPIKAL
DI RUMAH SAKIT UNIVERSITAS ANDALAS**

SKRIPSI

**Karya tulis sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
dari Universitas Andalas**



diajukan oleh:

Rani Delvihadini

2010442035

**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG**

2024

SKRIPSI

OPTIMISASI PROTEKSI RADIASI PASIEN PEMERIKSAAN CT SCAN BERDASARKAN NILAI DOSIS TIPIKAL DI RUMAH SAKIT UNIVERSITAS ANDALAS

Disusun oleh:

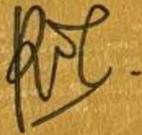
Rani Delvihardini
2010442035

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji
Pada 26 Juli 2024

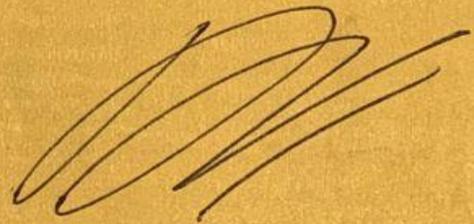
Tim Penguji

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,



Dr. Ramacos Fardela, S. Si, M. Sc
NIP. 198904042022031004



Ida Bagus Gede Putra Pratama, M. Sc
NIP. 199211182018011001

Penguji I

Penguji II

Penguji III



Dian Milvita, M. Si
NIP. 197401081999032001



Rico Adrial, M. Si
NIP. 198803212019031007



Dr. Mohammad Ali Shafii, M. Si
NIP. 197006121997021002

**OPTIMISASI PROTEKSI RADIASI PASIEN PEMERIKSAAN CT SCAN
BERDASARKAN NILAI DOSIS TIPIKAL DI RUMAH SAKIT
UNIVERSITAS ANDALAS**

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang optimisasi proteksi radiasi pasien pemeriksaan *Computed Tomography Scanner (CT Scan)* berdasarkan nilai dosis tipikal di Rumah Sakit Universitas Andalas (RS Unand). Penelitian dilakukan untuk menentukan, menganalisis, membandingkan dan mengevaluasi nilai dosis tipikal RS Unand dengan nilai Tingkat Panduan Diagnostik (TPD) Regional Sumatera, Nasional dan beberapa negara serta pengaruh usia, massa tubuh dan faktor eksposi (mAs) terhadap nilai *Computed Tomography Dose Index Volume (CTDI_{Vol})* dan *Dose Length Product (DLP)*. Nilai dosis tipikal diperoleh dari analisis median (Q_2) sebaran data dosis pasien dewasa (≥ 15 tahun) dengan massa tubuh normal (60 ± 10) kg pada pemeriksaan *CT Scan head* non-kontras, *chest* non-kontras, *abdomen* non-kontras dan kontras dengan jumlah pasien sebanyak 225. Hasil penelitian menunjukkan nilai *CTDI_{Vol}* dan *DLP* RS Unand yang tertinggi terdapat pada pemeriksaan *CT Scan head* non-kontras. Nilai *CTDI_{Vol}* RS Unand yang terendah terdapat pada pemeriksaan *CT Scan abdomen* kontras, sedangkan nilai *DLP* RS Unand yang terendah terdapat pada pemeriksaan *CT Scan abdomen* non-kontras. Nilai dosis tipikal RS Unand pemeriksaan *CT Scan abdomen* non-kontras tidak melewati TPD Regional Sumatera dan TPD Nasional, sedangkan pemeriksaan *CT Scan head* non-kontras dan *CT Scan abdomen* kontras melewati TPD Regional Sumatera dan TPD Nasional. Nilai dosis tipikal *CTDI_{Vol}* RS Unand relatif lebih rendah dan *DLP* RS Unand relatif lebih tinggi daripada TPD beberapa negara. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan usia memiliki korelasi yang sangat lemah, massa tubuh memiliki korelasi yang cukup rendah dan kuat arus waktu (mAs) memiliki korelasi yang sangat kuat terhadap nilai *CTDI_{Vol}* dan *DLP*.

Kata Kunci: *Computed Tomography Dose Index Volume (CTDI_{Vol})*, *Dose Length Product (DLP)*, *Computed Tomography Scanner (CT Scan)*, Nilai Dosis tipikal, Tingkat Panduan Diagnostik (TPD).

OPTIMIZATION OF RADIATION PROTECTION OF CT SCAN EXAMINATION PATIENTS BASED ON TYPICAL VALUE AT ANDALAS UNIVERSITY HOSPITAL

ABSTRACT

Research has been conducted on the optimization of radiation protection of Computed Tomography Scanner (CT Scan) examination patients based on typical values at Andalas University Hospital (Unand Hospital). The research was conducted to determine, analyse, compare and evaluate the typical value of Unand Hospital with the value of Diagnostic Reference Level (DRL) of Sumatera Regional, National and several countries as well as the influence of age, body mass and exposure factor (mAs) on the value of Computed Tomography Dose Index Volume ($CTDI_{Vol}$) and Dose Length Product (DLP). Typical values were obtained from the analysis of median (Q_2) dose data distribution of adult patients (≥ 15 years) with normal body mass (60 ± 10) kg on non-contrast head, non-contrast chest, non-contrast abdomen and contrast CT scans with a total of 225 patients. The results showed that the highest $CTDI_{Vol}$ and DLP values of Unand Hospital were found in the non-contrast head CT scan examination. The lowest $CTDI_{Vol}$ value of Unand Hospital is found in the contrast abdominal CT Scan examination, while the lowest DLP value of Unand Hospital is found in the non-contrast abdominal CT Scan examination. The typical value of Unand Hospital non-contrast abdominal CT Scan examination does not pass the Regional DRL of Sumatera and the National DRL, while the non-contrast head CT Scan and contrast abdominal CT Scan examination pass the Regional DRL of Sumatera and the National DRL. The typical value of $CTDI_{Vol}$ of Unand Hospital is relatively lower and DLP of Unand Hospital is relatively higher than DRL of some countries. Based on the results, age has a very weak correlation, body mass has a fairly low correlation and strong current time (mAs) has a very strong correlation to $CTDI_{Vol}$ and DLP values.

Keywords: Computed Tomography Dose Index Volume ($CTDI_{Vol}$), Dose Length Product (DLP), Computed Tomography Scanner (CT Scan), Typical Value, Diagnostic Reference Level (DRL).

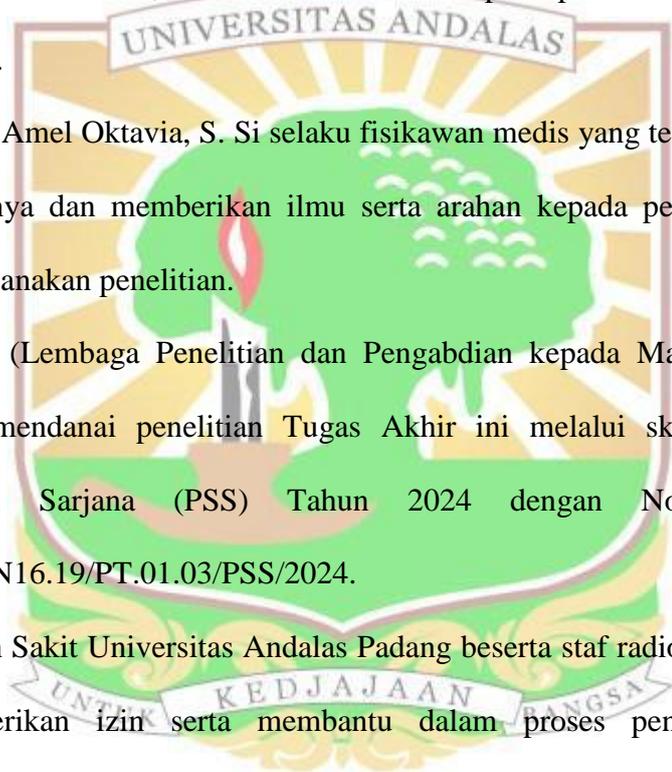
KATA PENGANTAR

Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, karunia dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Optimisasi Proteksi Radiasi Pasien Pemeriksaan CT Scan Berdasarkan Nilai Dosis Tipikal di Rumah Sakit Universitas Andalas”**. Shalawat dan salam kepada Rasulullah Shallallahu Alaihi Wassallam yang senantiasa menjadi sumber inspirasi dan teladan terbaik untuk umat manusia.

Skripsi ini ditulis dalam rangka memenuhi syarat untuk mencapai gelar Sarjana Sains Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Andalas Padang. Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak mungkin terselesaikan tanpa adanya dukungan, bimbingan, bantuan, motivasi dan nasihat dari berbagai pihak selama penyusunan skripsi ini, oleh karena itu penulis menyampaikan terima kasih kepada:

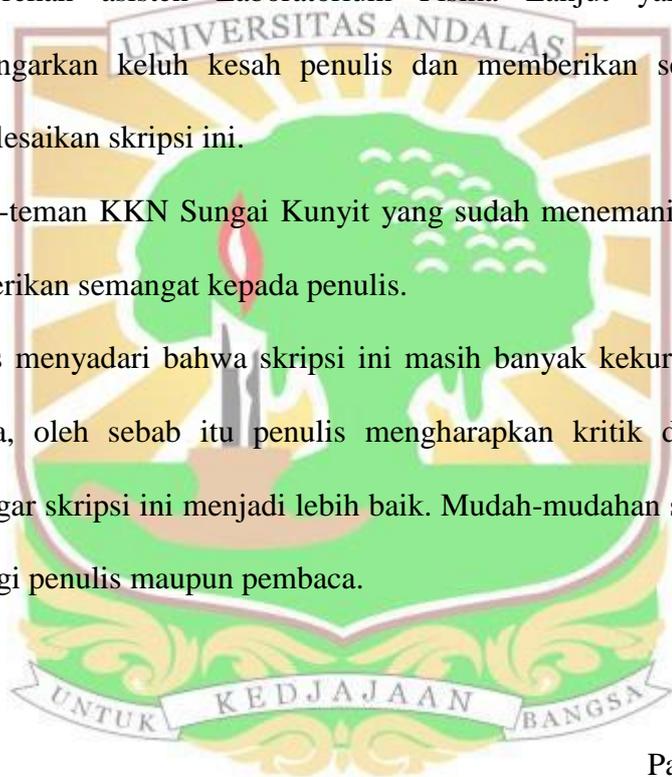
1. Kedua orang tua yang telah membesarkan dan mendidik penulis dengan tulus dan kasih sayang serta keluarga besar yang telah mendukung dan memotivasi penulis selama perkuliahan. Abang Briptu Ahmad Khairi Delvi Hardi, S. H, Abang Briptu Ahmad Fikri Delvi Hardi, S. H dan Kakak Silvia Delvi Hardini, S. Pd, Gr yang sudah memberikan semangat, motivasi dan membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi.
2. Bapak Dr. Ramacos Fardela, S. Si, M. Sc selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan bimbingan, masukan, semangat, motivasi serta nasehat sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

3. Bapak Ida Bagus Gede Putra Pratama, M. Sc selaku dosen pembimbing II di Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN) yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Ibu Dian Milvita, M. Si, Bapak Rico Adrial, M. Si, dan Bapak Dr. Mohammad Ali Shafii, M. Si sebagai dosen penguji yang telah memberikan kritik, masukan dan arahan kepada penulis dalam penulisan skripsi.
5. Kakak Amel Oktavia, S. Si selaku fisikawan medis yang telah meluangkan waktunya dan memberikan ilmu serta arahan kepada penulis pada saat melaksanakan penelitian.
6. LPPM (Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat) yang telah mendanai penelitian Tugas Akhir ini melalui skema Penelitian Skripsi Sarjana (PSS) Tahun 2024 dengan Nomor Kontrak 229/UN16.19/PT.01.03/PSS/2024.
7. Rumah Sakit Universitas Andalas Padang beserta staf radiologi yang telah memberikan izin serta membantu dalam proses pengambilan data penelitian.
8. Ibu Dr. Dian Fitriyani, S. Si, M. Si selaku dosen penasihat akademik yang telah memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis selama masa perkuliahan.



9. Bapak Dr. Afdhal Muttaqin, M. Si selaku Kepala Departemen Fisika dan Bapak/Ibu dosen Departemen Fisika serta seluruh staf dosen pengajar yang telah memberikan ilmu selama perkuliahan.
10. Rekan-rekan pejuang S. Si angkatan 2020 dan uda uni di Departemen Fisika yang telah membantu penulis dalam proses perkuliahan dan penyelesaian skripsi ini.
11. Rekan-rekan asisten Laboratorium Fisika Lanjut yang sudah rela mendengarkan keluh kesah penulis dan memberikan semangat dalam menyelesaikan skripsi ini.
12. Teman-teman KKN Sungai Kunit yang sudah menemani suka duka dan memberikan semangat kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan dan jauh dari sempurna, oleh sebab itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar skripsi ini menjadi lebih baik. Mudah-mudahan skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun pembaca.



Padang, Juli 2024

Rani Delvihadini

DAFTAR ISI

	halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan dan Manfaat Penelitian	5
1.3 Ruang Lingkup dan Batasan Penelitian	5
BAB II LANDASAN TEORI	
2.1 Radiasi.....	6
2.2 Sinar-X.....	6
2.3 <i>Computed Tomography Scan (CT Scan)</i>	11
2.4 Proteksi Radiasi	12
2.5 Indikator Dosis.....	14
2.6 Tingkat Panduan Diagnostik (TPD).....	17
2.7 Pemeriksaan <i>CT Scan Head, Chest dan Abdomen</i>	18
2.8 Pemeriksaan <i>CT Scan Media Kontras dan Non-kontras</i>	21
2.9 Faktor Eksposi	22
2.10 Uji Linearitas	22
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	24
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	24
3.3 Tahapan Penelitian.....	26
3.3.1 Survei Lapangan dan Wawancara ke RS Unand	26

3.3.2	Pengajuan Surat Izin Penelitian dan Pengurusan Kode Etik .	27
3.3.3	Pendataan Pasien dan Pengambilan Data Dosis Pasien	27
3.3.4	Pengolahan Data	28
3.3.5	Analisis Data	29
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1	Penentuan dan Analisis Nilai Dosis Tipikal Pemeriksaan <i>CT Scan</i> <i>Head, Chest</i> dan <i>Abdomen</i> di RS Unand.....	31
4.2	Perbandingan dan Evaluasi Nilai Dosis Tipikal Terhadap TPD Regional Sumatera, Nasional dan Beberapa Negara.....	34
4.3	Analisis Korelasi Usia, Massa Tubuh dan Faktor Eksposi (mAs) terhadap Nilai $CTDI_{Vol}$ dan DLP	40
4.3.1	Korelasi Usia Terhadap Nilai $CTDI_{Vol}$ dan DLP	41
4.3.2	Korelasi Massa Tubuh Terhadap Nilai $CTDI_{Vol}$ dan DLP	42
4.3.3	Korelasi Faktor Eksposi (mAs) Terhadap Nilai $CTDI_{Vol}$ dan DLP	44
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1	Kesimpulan	47
5.2	Saran	47
DAFTAR PUSTAKA		49
LAMPIRAN-LAMPIRAN		53



DAFTAR GAMBAR

	halaman
Gambar 2. 1	Proses terbentuknya sinar-X..... 7
Gambar 2. 2	Spektrum sinar-X <i>Bremsstrahlung</i> 8
Gambar 2. 3	Proses terbentuknya sinar-X <i>Bremsstrahlung</i> 9
Gambar 2. 4	Spektrum energi sinar-X karakteristik 9
Gambar 2. 5	Proses terbentuknya sinar-X karakteristik..... 10
Gambar 2. 6	Komponen lengkap modalitas CT Scan 11
Gambar 2. 7	Kerangka kepala manusia..... 19
Gambar 2. 8	Penyinaran sinar-X pada kepala..... 19
Gambar 2. 9	Struktur di dalam mediastinum 20
Gambar 2. 10	Bagian <i>abdomen</i> 21
Gambar 3. 1	Pesawat <i>CT Scan</i> 24
Gambar 3. 2	Tahapan penelitian 26
Gambar 4. 1	Distribusi $CTDI_{Vol}$ pada pemeriksaan <i>CT Scan</i> 32
	(a) Bagian <i>head</i> non-kontras 32
	(b) Bagian <i>chest</i> non-kontras 32
	(c) Bagian <i>abdomen</i> non-kontras 32
	(d) Bagian <i>abdomen</i> kontras 32
Gambar 4. 2	Distribusi <i>DLP</i> pada pemeriksaan <i>CT Scan</i> 33
	(a) Bagian <i>head</i> non-kontras 33
	(b) Bagian <i>chest</i> non-kontras 33
	(c) Bagian <i>abdomen</i> non-kontras 33
	(d) Bagian <i>abdomen</i> kontras 33
Gambar 4. 3	Perbandingan $CTDI_{Vol}$ RS Unand terhadap beberapa negara..... 39
	(a) Bagian <i>head</i> non-kontras 39
	(b) Bagian <i>abdomen</i> non-kontras 39
	(c) Bagian <i>abdomen</i> kontras 39
Gambar 4. 4	Distribusi <i>DLP</i> RS Unand terhadap beberapa negara 39
	(a) Bagian <i>head</i> non-kontras 39

	(b) Bagian <i>abdomen</i> non-kontras	39
	(c) Bagian <i>abdomen</i> kontras	39
Gambar 4. 5	(a) Korelasi usia terhadap $CTDI_{Vol}$ pada pemeriksaan <i>CT Scan head</i> non-kontras	41
	(b) Korelasi usia terhadap <i>DLP</i> pada pemeriksaan <i>CT Scan head</i> non-kontras	41
Gambar 4. 6	(a) Korelasi usia terhadap $CTDI_{Vol}$ pada pemeriksaan <i>CT Scan abdomen</i> non-kontras	41
	(b) Korelasi usia terhadap <i>DLP</i> pada pemeriksaan <i>CT Scan abdomen</i> non-kontras	41
Gambar 4. 7	(a) Korelasi massa tubuh terhadap $CTDI_{Vol}$ pada pemeriksaan <i>CT Scan head</i> non-kontras	43
	(b) Korelasi massa tubuh terhadap <i>DLP</i> pada pemeriksaan <i>CT Scan head</i> non-kontras	43
Gambar 4. 8	(a) Korelasi massa tubuh terhadap $CTDI_{Vol}$ pada pemeriksaan <i>CT Scan abdomen</i> non-kontras	43
	(b) Korelasi massa tubuh terhadap <i>DLP</i> pada pemeriksaan <i>CT Scan abdomen</i> non-kontras	43
Gambar 4. 9	(a) Korelasi mAs terhadap $CTDI_{Vol}$ pada pemeriksaan <i>CT Scan head</i> non-kontras	46
	(b) Korelasi mAs terhadap <i>DLP</i> pada pemeriksaan <i>CT Scan head</i> non-kontras	46
Gambar 4. 10	(a) Korelasi mAs terhadap $CTDI_{Vol}$ pada pemeriksaan <i>CT Scan abdomen</i> non-kontras	46
	(b) Korelasi mAs terhadap <i>DLP</i> pada pemeriksaan <i>CT Scan abdomen</i> non-kontras	46

DAFTAR TABEL

	halaman
Tabel 2. 1 Indikator dosis untuk evaluasi TPD	14
Tabel 2. 1 Lanjutan indikator dosis untuk evaluasi TPD	15
Tabel 2. 2 Interpretasi nilai koefisien korelasi	23
Tabel 4. 1 Hasil perhitungan nilai dosis tipikal pada <i>CT Scan</i> untuk setiap pemeriksaan.....	34
Tabel 4. 2 Perbandingan dan evaluasi nilai dosis tipikal pada <i>CT Scan</i> untuk setiap pemeriksaan	36



DAFTAR LAMPIRAN

	halaman
Lampiran A	Hasil Uji Kesesuaian <i>CT Scan</i> 53
Lampiran B	Perizinan penelitian..... 54
B. 1	Peizinan penelitian rumah sakit 54
B. 2	Perizinan kode etik..... 55
Lampiran C	Perhitungan nilai dosis tipikal setiap pemeriksaan 56
C. 1	Pemeriksaan <i>CT Scan head</i> non-kontras 56
C. 2	Pemeriksaan <i>CT Scan abdomen</i> non-kontras..... 58
C. 3	Pemeriksaan <i>CT Scan abdomen</i> kontras 60
Lampiran D	TPD regional Sumatera 63
Lampiran E	TPD nasional..... 65
Lampiran F	Perhitungan dosis pasien 66
F. 1	Pemeriksaan <i>CT Scan head</i> non-kontras 66
F. 2	Pemeriksaan <i>CT Scan chest</i> non-kontras 67
F. 3	Pemeriksaan <i>CT Scan abdomen</i> non-kontras 68
F. 4	Pemeriksaan <i>CT Scan abdomen</i> kontras 2 fase..... 69
F. 5	Pemeriksaan <i>CT Scan abdomen</i> kontras 3 fase..... 70
F. 6	Pemeriksaan <i>CT Scan abdomen</i> kontras 4 fase..... 71
Lampiran G	TPD beberapa negara..... 72
G. 1	TPD negara Jepang..... 72
G. 2	TPD negara United Kingdom 72
G. 3	TPD negara Malaysia 73
Lampiran H	Dokumentasi pendataan data pemeriksaan dan data dosis pasien serta diskusi dengan radiografer 74

DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

SINGKATAN	Nama	Pemakaian pertama kali pada hal.
ALARA	<i>As Low As Reasonably Achievable</i>	13
BAPETEN	Badan Pengawas Tenaga Nuklir	1
CAT	<i>Computed Axial Tomography</i>	11
$CTDI_{Vol}$	<i>Computed Tomography Dose Index Volume</i>	2
CT Scan	<i>Computed Tomography Scanner</i>	1
DLP	<i>Dose Length Product</i>	2
DRL	<i>Diagnostic Reference Level</i>	5
IAEA	<i>International Atomic Energy Agency</i>	13
ICRP	<i>International Commission on Radiological Protection</i>	2
IR	<i>Iterative Reconstruction</i>	25
RS	Rumah Sakit	4
TPD	Tingkat Panduan Diagnostik	1
UK	United Kingdom	29



LAMBANG		
$(n/2)$ term	Nilai yang menunjukkan data ke- $(n/2)$	18
$(n/2+1)$ term	Nilai yang menunjukkan data ke- $(n/2+1)$	18
$(n+1)/2$ term	Nilai yang menunjukkan data ke- $(n+1)/2$	18
a	Koefisien regresi sebagai <i>slop</i>	23
b	Koefisien sebagai intersep	23

$CTDI_c$	Dosis pemindaian bagian tengah	16
$CTDI_p$	Dosis pemindaian bagian tepi	16
$CTDI_w$	Dosis radiasi yang mempertimbangkan bobot dosis radiasi pada bagian tubuh	15
I	Pergerakan meja selama pemeriksaan	15
L	Panjang pemindaian	16
n	Jumlah data	16
NT	Nominal lebar berkas	15
$Pitch$	Pengaturan jarak antar <i>slice</i>	15
Q_2	Nilai median	18
Q_3	Nilai kuartil ketiga	17
x	Variabel bebas	23
y	Variabel terikat	23



BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemanfaatan sinar-X dapat diterapkan dalam bidang radioterapi dan radiologi diagnostik. Salah satu modalitas rumah sakit yang memanfaatkan sinar-X dalam radiologi diagnostik yaitu *Computed Tomography Scanner (CT Scan)*. *CT Scan* adalah modalitas penunjang diagnostik yang memanfaatkan sinar-X melalui teknik tomografi dan komputerisasi modern untuk menghasilkan citra tampak lintang organ dalam dan mendeteksi anatomi tubuh manusia. *CT Scan* berpotensi memberikan dosis radiasi yang lebih tinggi dibandingkan radiografi umum, sehingga perlunya perlindungan pasien terhadap dosis radiasi yang berlebih karena dapat meningkatkan risiko bahaya radiasi.

Proteksi radiasi bertujuan untuk mengurangi efek radiasi yang ditimbulkan dari paparan radiasi. Paparan radiasi terdiri dari paparan kerja, paparan medik dan paparan publik. Paparan kerja dan paparan publik berlaku asas justifikasi, optimisasi dan limitasi. Paparan medik hanya menerapkan asas justifikasi dan optimisasi, sedangkan asas limitasi tidak berlaku karena tidak ada batasan dosis untuk pasien.

Berdasarkan Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN) Nomor 4 Tahun 2020, salah satu asas proteksi radiasi yaitu optimisasi yang merupakan suatu upaya agar dosis radiasi yang diterima pasien dapat serendah mungkin untuk tujuan diagnostik tanpa mengurangi kualitas citra dengan mempertimbangkan faktor sosial dan ekonomi. Upaya penerapan optimisasi dapat dilakukan melalui evaluasi Tingkat Panduan Diagnostik (TPD).

TPD adalah suatu indikator penerapan optimisasi yang dinyatakan dalam dosis radiasi bertujuan untuk mencegah dan melindungi pasien dari paparan dosis radiasi yang berlebih dan tidak dibutuhkan (BAPETEN, 2021).

Indonesia menggunakan 4 jenis TPD yaitu TPD Nasional, TPD Regional, TPD Lokal dan dosis tipikal. TPD Nasional adalah nilai yang diperoleh dari kumpulan dosis tipikal seluruh rumah sakit yang ditetapkan secara resmi dan berlaku secara nasional berdasarkan konsensus bersama pakar. TPD Regional adalah nilai yang diperoleh dari kumpulan dosis tipikal rumah sakit pada suatu kelompok wilayah tertentu. TPD Lokal adalah nilai yang diperoleh dari sebaran dosis tipikal rumah sakit pada daerah tertentu. Dosis tipikal adalah nilai yang diperoleh dari sebaran data dosis rumah sakit untuk satu modalitas (BAPETEN, 2021). Nilai dosis pada modalitas *CT Scan* dapat diidentifikasi menggunakan indikator *CT Dose Index Volume (CTDI_{vol})* dan *Dose Length Product (DLP)* yang didapatkan pada layar monitor konsol *CT Scan* (ICRP 135, 2017). TPD rumah sakit memiliki nilai yang berbeda untuk setiap daerah karena prosedur pemeriksaan, pemanfaatan fitur modalitas dan keterampilan pekerja (SDM) yang digunakan saat penyinaran juga berbeda-beda. Oleh karena itu, rumah sakit harus berupaya memiliki nilai dosis tipikal yang dibandingkan dengan TPD Regional dan Nasional untuk melakukan evaluasi jika melebihi TPD Nasional.

Penelitian terkait dilakukan oleh O'Neill dkk, (2018) mengenai penggunaan massa tubuh untuk memperkirakan dosis radiasi pada pasien pemeriksaan *CT Scan abdomen*. Hasil penelitian yaitu terdapat korelasi antara massa tubuh pasien dengan dosis radiasi. Kristinayanti dkk, (2019) menganalisis

pengaruh panjang pemindaian terhadap nilai *DLP* pada *CT Scan*. Hasilnya yaitu panjang pemindaian menyebabkan meningkatnya nilai *DLP*. Siregar dkk, (2020) pada pasien pemeriksaan *CT Scan head, chest* dan *abdomen*. Hasil yang diperoleh yaitu nilai TPD yang didapatkan melewati nilai TPD nasional.

Irsal dan Winarto, (2020) melakukan penelitian mengenai pengaruh mAs terhadap dosis radiasi pada pemeriksaan *CT Scan*. Hasil penelitian yaitu mAs mempengaruhi dosis radiasi. Duandini dkk, (2021) melakukan penentuan TPD dan dibandingkan dengan berbagai negara pada pemeriksaan *CT Scan abdomen* dan *chest*. Hasilnya yaitu nilai $CTDI_{Vol}$ dan *DLP* pada pemeriksaan *CT Scan chest* lebih rendah dari Inggris dan Jepang namun lebih tinggi dari Prancis dan Australia. Nilai $CTDI_{Vol}$ pada *CT Scan abdomen* sama dengan Inggris dan lebih tinggi dari Australia namun lebih rendah dari Jepang dan nilai *DLP* lebih tinggi dari keempat negara tersebut. Nuraeni dkk, (2021) melakukan penelitian mengenai perubahan faktor eksposi terhadap dosis radiasi pada *CT Scan*, dengan hasil yaitu faktor eksposi mempengaruhi dosis radiasi.

Dewanti, (2023) melakukan penentuan nilai tipikal pada pemeriksaan *CT Scan* bagian *head, chest* dan *abdomen*. Hasilnya yaitu nilai tipikal untuk $CTDI_{Vol}$ pada setiap pemeriksaan tidak melewati TPD Nasional. Nilai tipikal untuk *DLP* pada pemeriksaan *CT Scan head* tidak melewati TPD Nasional sedangkan pemeriksaan *CT Scan chest* dan *abdomen* melewati TPD Nasional. Ginting dkk, (2023) menganalisis TPD pada pemeriksaan *CT Scan abdomen* kontras dan non-kontras, dengan hasil yaitu nilai TPD pemeriksaan *CT Scan abdomen* non-kontras tidak melewati TPD Nasional sedangkan pemeriksaan *CT Scan abdomen* kontras

melewati TPD Nasional. Jannah dkk, (2023) melakukan penentuan TPD dengan pemeriksaan *CT Scan* bagian *head*, *chest* dan *abdomen*. Hasilnya yaitu TPD Lokal pemeriksaan *CT Scan* bagian *head* lebih rendah dari nilai TPD Nasional, sedangkan pemeriksaan *CT Scan* bagian *chest* dan *abdomen* lebih tinggi dari nilai TPD Nasional. Dewanti dkk, (2024) menganalisis korelasi usia, massa tubuh dan mAs terhadap nilai $CTDI_{vol}$ dan *DLP* pada pemeriksaan *CT Scan*. Hasilnya yaitu usia memiliki korelasi relatif cukup, massa tubuh memiliki korelasi relatif tinggi dan mAs memiliki korelasi yang sangat tinggi terhadap nilai $CTDI_{vol}$ dan *DLP*.

Penetapan TPD di Indonesia berlaku pada tahun 2021 dan masih banyak rumah sakit di Kota Padang yang belum menetapkan TPD sebagai upaya optimisasi proteksi radiasi. Berdasarkan survei lapangan dan wawancara dengan fisikawan medis Rumah Sakit Universitas Andalas (RS Unand) didapatkan bahwa rumah sakit belum memiliki TPD untuk pemeriksaan *CT Scan*. Penelitian dilakukan pada pemeriksaan bagian *head*, *chest* dan *abdomen* karena pemeriksaan yang paling banyak dilakukan untuk keperluan diagnostik dan perlu untuk mencegah adanya paparan radiasi yang berlebih yang tidak seharusnya diterima oleh pasien dan melakukan evaluasi jika nilai dosis tipikal melebihi TPD Nasional yang direkomendasikan oleh BAPETEN. Oleh karena itu, penelitian mengenai dosis tipikal pada pemeriksaan *CT Scan* perlu dilakukan untuk mengetahui penerapan optimisasi proteksi radiasi yang dilakukan RS Unand dan mengetahui korelasi usia, massa tubuh dan faktor eksposi (mAs) terhadap nilai $CTDI_{vol}$ dan *DLP* yang dilakukan menggunakan uji linearitas untuk masing-masing pemeriksaan.

1.2 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Menentukan dan menganalisis nilai dosis tipikal RS Unand.
2. Membandingkan dan mengevaluasi nilai dosis tipikal dengan nilai TPD Regional Sumatera, Nasional dan beberapa negara.
3. Menganalisis korelasi usia, massa tubuh dan faktor eksposi (mAs) terhadap nilai $CTDI_{vol}$ dan DLP .

Manfaat dari penelitian sebagai upaya optimisasi proteksi radiasi pada pasien, pedoman bagi radiografer dan fisikawan medis dalam pemberian dosis agar bernilai serendah-rendahnya dengan hasil kualitas citra yang memadai dan tidak melebihi nilai TPD Nasional yang direkomendasikan oleh BAPETEN.

1.3 Ruang Lingkup dan Batasan Penelitian

Penelitian dibatasi dengan pengambilan data sekunder sebanyak 225 orang pasien dewasa dengan umur (≥ 15 tahun) dan massa tubuh (60 ± 10) kg dengan pemeriksaan *head* non-kontras, *chest* non-kontras, *abdomen* kontras dan non-kontras menggunakan modalitas *CT Scan* di Instalasi Radiologi RS Unand. Pemeriksaan *CT Scan head* dan *chest* kontras belum diterapkan karena peralatan injektornya yang belum cukup memadai. Penentuan nilai dosis tipikal pasien menggunakan nilai $CTDI_{vol}$ dan DLP . Penelitian dilakukan berdasarkan Keputusan Kepala BAPETEN Nomor: 1211/K/V/2021 yang mengacu pada *International Commission on Radiological Protection (ICRP) Publication 135* Tahun 2017 dan dievaluasi berdasarkan Ringkasan Eksekutif Laporan Hasil Kajian *Diagnostic Reference Level (DRL) Nasional* Tahun 2021 yang ditetapkan oleh BAPETEN.

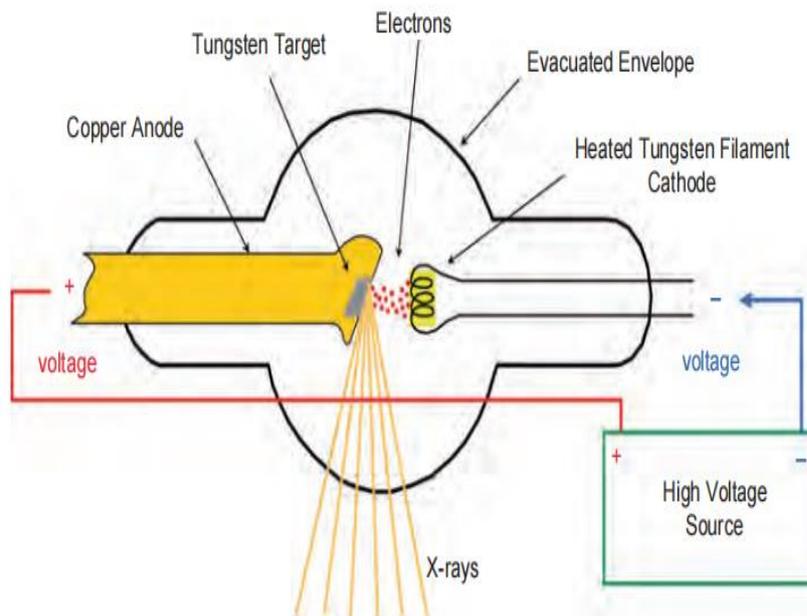
BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Radiasi

Radiasi merupakan bentuk energi yang merambat melalui materi atau ruang yang dapat berbentuk gelombang elektromagnetik atau partikel tanpa memerlukan medium. Radiasi dikelompokkan menjadi dua, yaitu radiasi pengion dan radiasi non-pengion. Radiasi non-pengion adalah radiasi yang tidak memiliki cukup energi untuk menghasilkan ion atau terjadinya proses ionisasi karena terjadinya penyerapan energi saat melalui medium. Radiasi pengion adalah radiasi yang memiliki cukup energi untuk berinteraksi dengan materi sehingga terjadinya proses ionisasi. Salah satu contoh dari radiasi pengion adalah sinar-X (Akhadi, 2020).

2.2 Sinar-X

Sinar-X adalah radiasi berupa gelombang elektromagnetik yang membawa energi dalam bentuk paket-paket yang disebut dengan foton. Sinar-X memiliki daya tembus yang kuat dan daya ionisasi yang lemah dibandingkan dengan sinar- α dan sinar- β (Akhadi, 2000). Sinar-X dimanfaatkan dalam bidang kesehatan untuk diagnosis dan terapi penyakit. Pada radiologi diagnostik, tegangan yang digunakan sebesar (20 – 150) kV yang diterapkan antara dua elektroda (anoda dan katoda) dalam ruang hampa. Sinar-X dapat dibangkitkan melalui tabung sinar-X. Proses terbentuknya sinar-X dalam tabung sinar-X dapat dilihat pada Gambar 2.1.

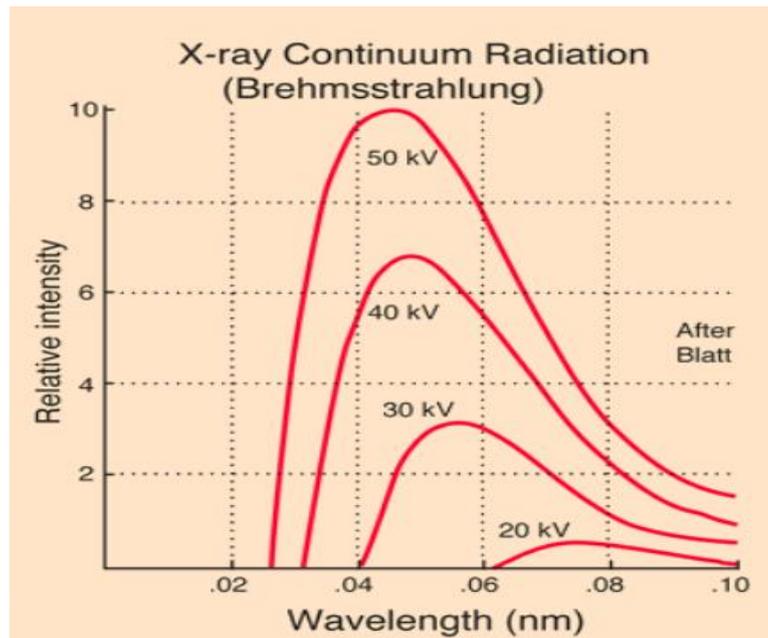


Gambar 2. 1 Proses terbentuknya sinar-X
(Sumber: Bushberg dkk, 2012)

Berdasarkan Gambar 2.1, prinsip kerja tabung sinar-X yaitu diawali dengan memanaskan filamen katoda dengan cara memberikan tegangan yang tinggi pada katoda. Jika arus yang diberikan semakin tinggi maka semakin banyak elektron yang dihasilkan sehingga terbentuknya awan elektron pada permukaan filamen. Awan elektron yang terbentuk akan ditarik menuju anoda dan gerakannya dipercepat menggunakan beda potensial yang tinggi. Pergerakan elektron tersebut akan menumbuk target tungsten yang memiliki nomor atom dan titik leleh yang tinggi. Pada saat berkas elektron menabrak target tungsten, sebagian besar energi elektron tersebut hilang dalam bentuk panas dan sebagian energi lainnya untuk memproduksi sinar-X dan ada pula kemungkinan semua energi kinetik elektron tersebut diubah menjadi foton sinar-X (Akhadi, 2000).

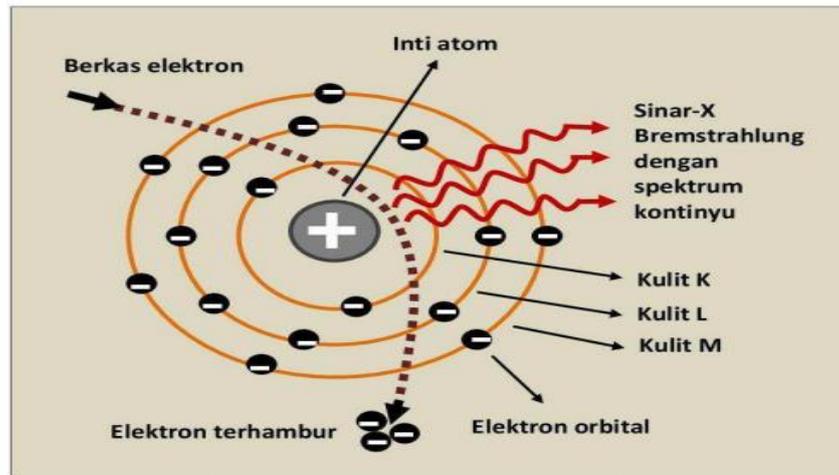
Sinar-X terdiri dari dua macam spektrum, yaitu spektrum kontinu yang lebar (*Bremsstrahlung*) dan spektrum diskrit dengan garis tajam (sinar-X

karakteristik). Sinar-X *Bremsstrahlung* dihasilkan dari interaksi antara elektron bebas dengan inti atom dan memiliki spektrum kontinu yang panjang gelombangnya bergantung pada besarnya energi kinetik elektron. Spektrum sinar-X *Bremsstrahlung* dapat dilihat pada Gambar 2.2.



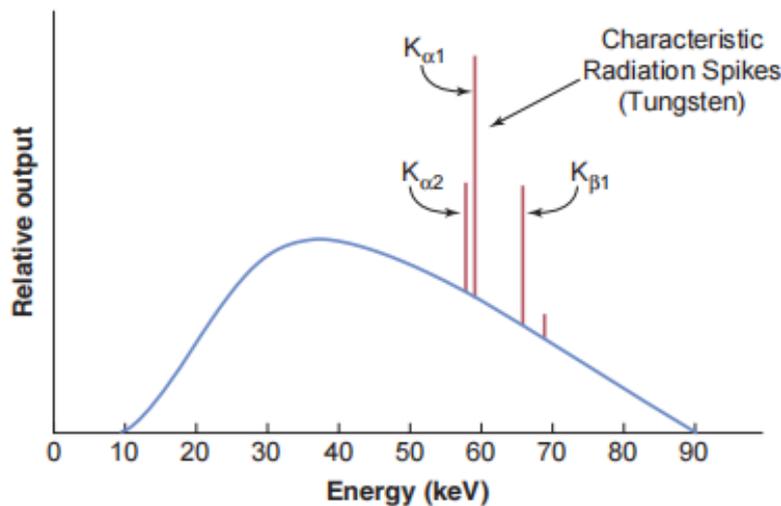
Gambar 2. 2 Spektrum sinar-X *Bremsstrahlung*
(Sumber: HyperPhysics, 2024)

Sinar-X *Bremsstrahlung* merupakan media yang paling penting dalam produksi sinar-X. Istilah *Bremsstrahlung* berasal dari bahasa Jerman yang artinya radiasi pengereman (*braking radiation*). Sinar katoda yang terdiri atas berkas elektron bergerak dalam tabung dengan kecepatan sangat tinggi. Apabila berkas elektron yang bermuatan negatif melintas mendekati inti atom yang bermuatan positif, maka gaya tarik elektrostatis yang kuat dari inti atom dapat menyebabkan lintasan gerak elektron membelok dengan tajam. Proses terbentuknya sinar-X *Bremsstrahlung* dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Proses terbentuknya sinar-X *Bremsstrahlung*
(Sumber: Akhadi, 2020)

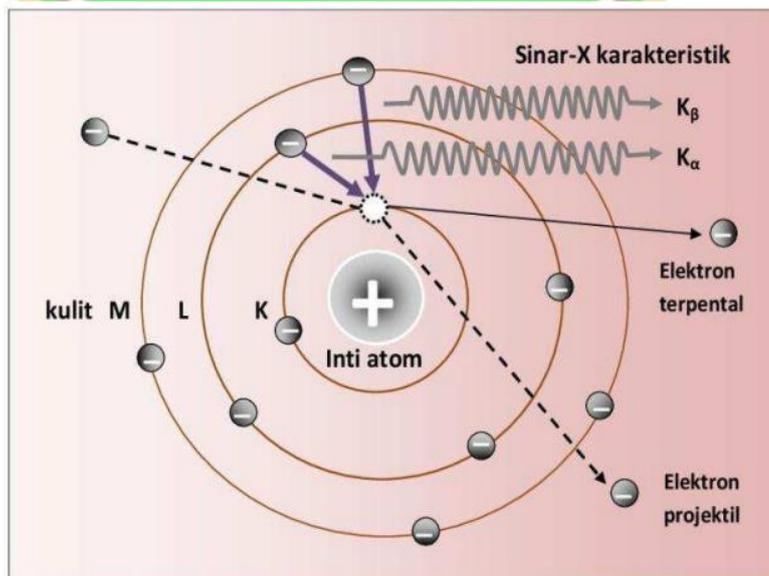
Sinar-X karakteristik dihasilkan karena terjadinya transisi elektron dari orbit tingkat energi yang lebih tinggi menuju ke orbit tingkat energi yang lebih rendah. Sinar-X karakteristik memiliki spektrum diskrit dengan garis tajam dan intensitas yang tinggi. Spektrum energi sinar-X dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Spektrum energi sinar-X karakteristik
(Sumber: Bushberg, 2012)

Perbedaan tingkat energi orbit elektron menyebabkan elektron melepaskan kelebihan energi dalam bentuk pancaran radiasi elektromagnetik yang berupa

sinar-X. Energi sinar-X yang terbentuk melalui proses transisi elektron besarnya sama dengan selisih energi antara kedua tingkat energi elektron orbital tersebut, karena setiap jenis atom memiliki tingkat energi orbit elektron yang berbeda maka sinar-X yang terbentuk dari transisi elektron menunjukkan karakteristik dari atom target tertentu yang disebut sebagai sinar-X karakteristik. Sinar-X karakteristik dapat juga terjadi karena elektron atom pada kulit K ($n=1$) terpental keluar dan kekosongannya akan diisi oleh elektron dari kulit yang lebih tinggi di atasnya, dengan pancaran sederetan garis spektrum dalam notasi sinar-X sebagai garis K_{α} , K_{β} dan K_{γ} . Jika elektron pada kulit L ($n=2$) terpental maka kekosongannya akan diisi oleh elektron dari kulit yang lebih tinggi di atasnya, dengan pancaran garis spektrum deret L. Jika elektron pada kulit M ($n=3$) terpental maka kekosongannya akan diisi oleh elektron dari kulit yang lebih tinggi di atasnya, dengan pancaran garis spektrum deret M dan seterusnya. Proses terbentuknya sinar-X karakteristik dilihat pada Gambar 2.5.

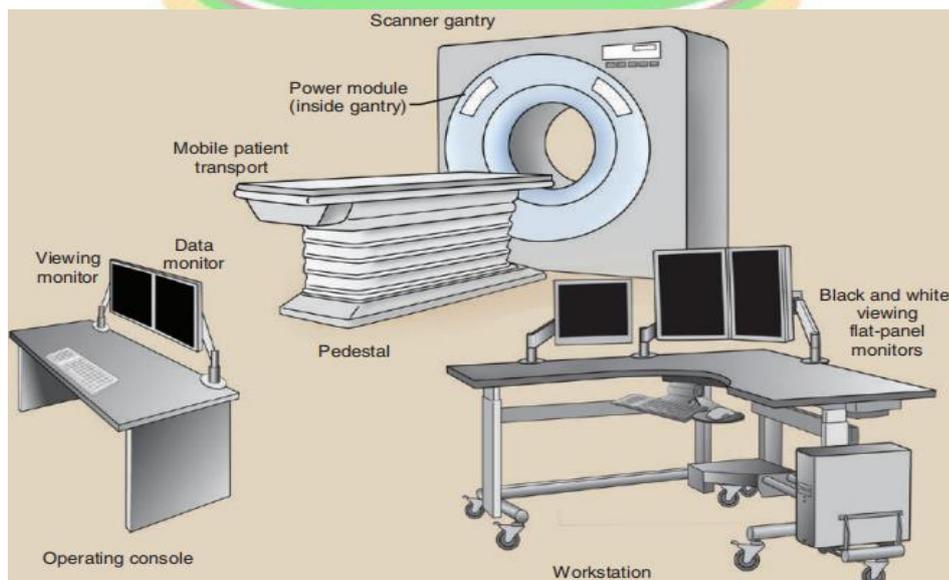


Gambar 2. 5 Proses terbentuknya sinar-X karakteristik
(Sumber: Akhadi, 2020)

Sinar-X memiliki banyak manfaat di bidang kesehatan, seperti di bidang radiologi untuk tujuan diagnosis penyakit karena mampu mencitrakan bagian dalam tubuh pasien dan bidang radioterapi untuk tujuan terapi radiasi karena dapat membantu dalam pengobatan penyakit.

2.3 *Computed Tomography Scan (CT Scan)*

CT Scan adalah pesawat sinar-X yang digunakan sebagai alat penunjang diagnosis dengan aplikasi universal yang ditujukan untuk pemeriksaan seluruh organ tubuh, seperti susunan saraf pusat, otot dan tulang, tenggorokan serta rongga perut. Pesawat *CT Scan* mula-mula digunakan untuk kegiatan radiodiagnostik pada awal tahun 1970-an. Pada mulanya dikenal sebagai *Computed Axial Tomography (CAT)*, suatu media penggambaran medis secara tomografi dengan pemroses geometri yang digunakan untuk menghasilkan sebuah gambar tiga dimensi bagian dalam sebuah objek dari satu seri besar gambar sinar-X dua dimensi yang diambil dalam satu sumbu putar (Akhadi, 2020).



Gambar 2.6 Komponen lengkap modalitas *CT Scan*
(Sumber: Bushong, 2013)

Prinsip kerja *CT Scan* yaitu dengan melewati berkas sinar-X terkolimasi pada tubuh pasien. Berkas radiasi dengan lebar sekitar 2 mm yang melewati tubuh akan ditangkap oleh sistem detektor yang posisinya berhadapan dengan sumber berkas di seberang bagian tubuh yang sedang disinari. Sumber berkas sinar-X bersama detektor bergerak di suatu bidang mengitari tubuh pasien. Perbedaan respons detektor pada berbagai posisi penyinaran kemudian dibuat suatu rekonstruksi ulang untuk mendapatkan gambar bidang tomografi dari bagian tubuh pasien yang disinari. *CT Scan* menghasilkan satu seri gambar aksial yang dapat dimanipulasi melalui sebuah proses komputasi untuk menghasilkan gambar dalam bidang yang berbeda (Seeram, 2009). Adapun kelebihan yang diperoleh dari pemeriksaan dengan menggunakan *CT Scan* yaitu

1. Gambar yang dihasilkan memiliki resolusi yang baik dan akurat.
2. Tidak invasif (tindakan non-bedah).
3. Waktu perekaman relatif cepat dibandingkan modalitas radiografi umum.
4. Gambar yang direkonstruksi dapat dimodifikasi dengan komputer sehingga dapat dilihat dari berbagai sudut pandang.

2.4 Proteksi Radiasi

Proteksi radiasi atau keselamatan radiasi adalah suatu tindakan yang dilakukan untuk melindungi pekerja, anggota masyarakat dan lingkungan hidup dengan cara mengurangi pengaruh radiasi yang merusak akibat paparan radiasi (Peraturan Pemerintah No. 45 Tahun 2023). Ada tiga asas proteksi radiasi yaitu:

1. Asas justifikasi. Asas ini menegaskan bahwa setiap tindakan yang berpotensi menimbulkan paparan radiasi hanya boleh dilaksanakan setelah dilakukan pengkajian yang cukup mendalam dan menyeluruh serta dipastikan bahwa keuntungan yang diperoleh dari tindakan tersebut lebih besar dibandingkan dengan kerugian yang dapat terjadi.

2. Asas optimisasi. Asas ini menegaskan bahwa dosis paparan radiasi yang berasal dari suatu tindakan harus dapat serendah mungkin dengan mempertimbangkan faktor ekonomi dan sosial. Asas ini juga dikenal dengan sebutan ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*) yang berarti serendah mungkin yang dapat dicapai. Asas optimisasi pada paparan medik untuk tujuan diagnostik perlu diterapkan agar dosis yang diterima pasien dapat serendah mungkin dengan mempertimbangkan hasil kualitas citra yang memadai. Adapun salah satu aspek yang dipertimbangkan dalam penerapan optimisasi yaitu Tingkat Panduan Diagnostik (TPD) (IAEA,2018).

3. Asas limitasi atau nilai batas dosis. Asas ini menegaskan bahwa dosis radiasi yang diterima oleh seseorang dalam menjalankan suatu kegiatan yang berkaitan dengan radiasi tidak boleh melebihi nilai batas yang telah ditetapkan oleh instansi yang berwenang.

Asas justifikasi dan optimisasi berlaku untuk semua situasi paparan (paparan medis, paparan kerja dan paparan publik), sedangkan asas nilai batas dosis tidak berlaku pada paparan medik tapi berlaku paparan kerja dan paparan publik.

2.5 Indikator Dosis

Indikator dosis merupakan parameter yang dapat menilai atau mengidentifikasi jumlah radiasi pengion yang digunakan untuk pencitraan di radiologi diagnostik dan intervensional (ICRP 135, 2017). Indikator dosis untuk beberapa modalitas sudah terpasang pada modalitas dan nilai yang terbaca sudah sesuai dengan besarnya dosis yang diberikan kepada pasien. Nilai TPD dapat dihitung dan diukur dari nilai kuantitas radiasi yang mudah diukur dan berkaitan langsung dengan dosis pasien. Saat melakukan pengukuran dan evaluasi TPD, fasilitas rumah sakit harus mengumpulkan data dosis pasien. Indikator dosis untuk evaluasi TPD pada setiap pemeriksaan dengan modalitas tertentu dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Indikator Dosis Untuk Evaluasi TPD

No	Modalitas	Indikator Dosis	Indikator Turunan
1	Radiografi umum/ <i>mobile</i>	ESAK (mGy) DAP (mGy.cm ²)	Dosis Efektif (mSv)
2	Mamografi, <i>Digital Breast Tomosynthesis</i> (DBT)	ESAK (mGy) atau INAK (mGy)	<i>Mean Glandular Dose</i> (mGy)
3	Fluoroskopi konvensional dan intervensional	DAP (mGy.cm ²) <i>Peak Skin Dose</i> (mGy) Laju Kerma Udara (mGy.menit ⁻¹)	Dosis Efektif (mSv)
4	<i>CT Scan</i>	<i>CTDI_{Vol}</i> (mGy) <i>DLP</i> (mGy.cm)	Dosis Efektif (mSv)
5	Gigi <i>intraoral</i>	INAK (mGy) ESAK (mGy)	Dosis Efektif (mSv)
6	Gigi panoramik, <i>Cephalometric</i>	DAP (mGy.cm)	Dosis Efektif (mSv)

Table 2.1 Lanjutan Indikator Dosis Untuk Evaluasi TPD

No	Modalitas	Indikator Dosis	Indikator Turunan
7	<i>Cone Beam CT</i>	<i>Peak Skin Dose</i> (mGy), atau DAP (mGy.cm ²), atau $CTDI_{Vol}$ (mGy), atau DLP (mGy.cm)	Dosis Efektif (mSv)
8	Kedokteran nuklir diagnostik	Aktivitas Radionuklida (MBq)	Dosis Efektif (mSv)

(Sumber : BAPETEN, 2021)

Nilai dosis radiasi pasien menggunakan *CT Scan* dapat diidentifikasi dari indikator dosis yaitu $CTDI_{Vol}$ dan DLP . Nilai $CTDI_{Vol}$ dan DLP dapat diketahui pada layar monitor konsol *CT Scan*. Nilai $CTDI_{Vol}$ yang akan digunakan yaitu $CTDI_{Vol}$ rata-rata dan nilai DLP yang digunakan yaitu DLP total. Pada pemeriksaan dengan media kontras dilakukan lebih dari satu *sequence* maka $CTDI_{Vol}$ rata-rata dan DLP total diperoleh dari perhitungan jumlah *sequence* saat pemeriksaan yaitu pemeriksaan sebelum diberi kontras (*pre* kontras) dan pemeriksaan sesudah diberi kontras (*post* kontras), sedangkan pada pemeriksaan non-kontras hanya dilakukan satu *sequence*. *Sequence* adalah urutan prosedur saat melakukan penyinaran (BAPETEN, 2021).

a. *Computed Tomography Dose Index Volume* ($CTDI_{Vol}$)

$CTDI_{Vol}$ atau volume indeks dosis tomografi komputer merupakan indikator pada dosis *output* dari *CT Scan* yang dijadikan konsep untuk menghitung jumlah dosis radiasi yang diterima oleh pasien dalam satu kali rotasi *CT Scan* (Seeram, 2016). Nilai $CTDI_{Vol}$ dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.1 dan nilai $CTDI_w$ pada Persamaan 2.2.

$$CTDI_{Vol} = CTDI_w \frac{NT}{l} = \frac{CTDI_w}{Pitch} \quad (2.1)$$

$$CTDI_w = \frac{1}{3} CTDI_c + \frac{2}{3} CTDI_p \quad (2.2)$$

$CTDI_{Vol}$ memiliki satuan mGy, $CTDI_w$ adalah $CTDI$ yang memperhitungkan faktor perbedaan nilai dosis pada fantom atau mempertimbangkan bobot dosis radiasi pada berbagai bagian tubuh (mGy), $CTDI_c$ adalah dosis radiasi di tengah atau pusat fantom (mGy), $CTDI_p$ adalah dosis radiasi rata-rata yang diterima fantom bagian tepi atau luar (mGy), NT adalah nominal lebar berkas, I adalah pergerakan meja selama heliScan dan *pitch* adalah nilai I dibagi dengan NT. Pada penelitian ini, nilai $CTDI_{Vol}$ didapatkan dari *CT Scan* yang dilihat pada monitor konsol *CT Scan*. Nilai $CTDI_{Vol}$ rata-rata dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.3.

$$CTDI_{Vol} \text{ rata-rata} = \frac{CTDI_{vol 1} + CTDI_{vol 2} + \dots + CTDI_{vol n}}{n} \quad (2.3)$$

b. *Dose Length Product (DLP)*

DLP merupakan dosis total *output* dari *CT Scan* yang dilakukan selama pemeriksaan untuk keseluruhan panjang *scan* yang dilakukan (Seeram, 2016). *DLP* merupakan hasil kali antara nilai $CTDI_{Vol}$ dan *scan length* (L) yang persamaannya dapat dilihat pada Persamaan 2.4.

$$DLP = CTDI_{Vol} \cdot L \quad (2.4)$$

DLP memiliki satuan mGy.cm, $CTDI_{Vol}$ merupakan nilai estimasi dosis pasien akibat *CT Scan* yang dilakukan yang telah memperhitungkan faktor *pitch* (mGy), L merupakan panjang bagian yang diperiksa atau panjang daerah pemindaian (cm). Pada penelitian, nilai *DLP* juga didapatkan dari *CT Scan* yang dilihat pada monitor konsol *CT Scan*. Nilai *DLP* total dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.5.

$$\text{Total DLP} = \text{DLP } 1 + \text{DLP } 2 + \dots + \text{DLP } n \quad (2.5)$$

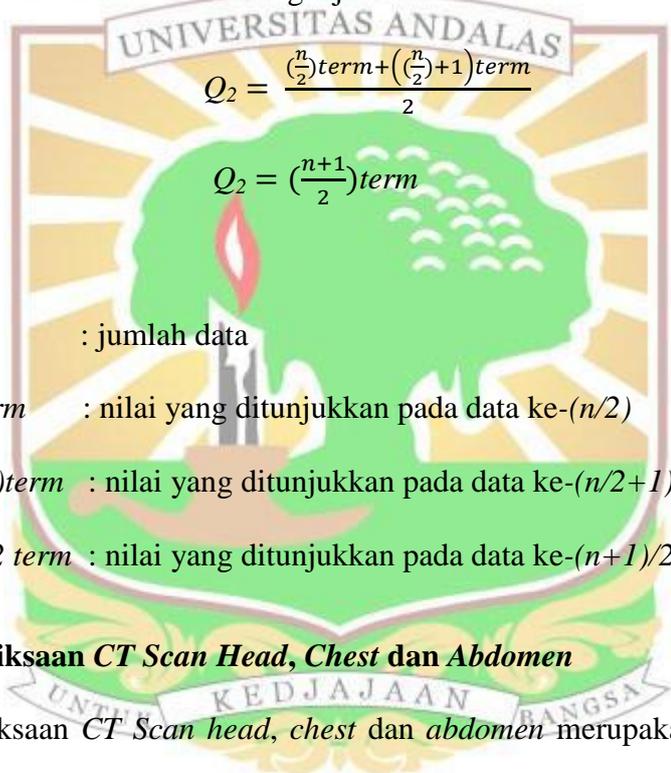
2.6 Tingkat Panduan Diagnostik (TPD)

Tingkat Panduan Diagnostik (TPD) adalah suatu tingkat investigasi yang digunakan sebagai alat untuk upaya optimalisasi atau membantu perlindungan pada pasien dalam paparan medis untuk radiologi diagnostik dan intervensional (ICRP 135, 2017). TPD berfungsi sebagai indikator investigasi dalam mengoptimalkan proteksi radiasi pasien untuk upaya mempertahankan dosis pasien serendah mungkin dan tetap menghasilkan kualitas citra yang memadai untuk mendiagnosis pasien (BAPETEN, 2021).

Penentuan TPD dapat dikelompokkan menjadi empat bagian, yaitu nilai dosis tipikal, TPD Lokal, TPD regional dan TPD nasional (ICRP 135, 2017). Nilai dosis tipikal diperoleh dari analisis median (Q_2) dari sebaran data dosis pasien di rumah sakit atau klinik untuk satu modalitas, jenis pemeriksaan dan kelompok umur yang sama. TPD Lokal diperoleh dari analisis kuartil ketiga (Q_3) dari sebaran data dosis tipikal beberapa rumah sakit atau klinik untuk jenis pemeriksaan dan kelompok umur yang sama pada daerah tertentu. TPD Regional diperoleh dari analisis kuartil ketiga (Q_3) dari kumpulan dosis tipikal rumah sakit atau klinik yang merujuk pada suatu kelompok wilayah tertentu. TPD Nasional diperoleh dengan analisis kuartil ketiga (Q_3) dari sebaran dosis tipikal dari seluruh rumah sakit atau klinik yang ditetapkan secara resmi dan berlaku secara nasional berdasarkan konsensus bersama pakar.

Setiap fasilitas pelayanan kesehatan (rumah sakit dan klinik) yang berpartisipasi dalam survei penetapan TPD harus memiliki data pasien dengan

jumlah minimal 20 pasien untuk jenis pemeriksaan dan kelompok umur sama. Pengelompokan umur pasien dalam pelaksanaan survei di Indonesia yakni menggunakan tiga kelompok umur: (0-4) tahun, (5-14) tahun dan 15 tahun ke atas. Selain pengelompokan umur, standarisasi massa tubuh pasien juga akan mempengaruhi penetapan TPD (BAPETEN, 2021). Nilai dosis tipikal didapatkan dengan menghitung nilai median dengan menggunakan Persamaan 2.6 untuk data genap dan Persamaan 2.7 untuk data ganjil.



$$Q_2 = \frac{\left(\frac{n}{2}\right)term + \left(\frac{n}{2} + 1\right)term}{2} \quad (2.6)$$

$$Q_2 = \left(\frac{n+1}{2}\right)term \quad (2.7)$$

dengan

n : jumlah data

$(n/2)term$: nilai yang ditunjukkan pada data ke- $(n/2)$

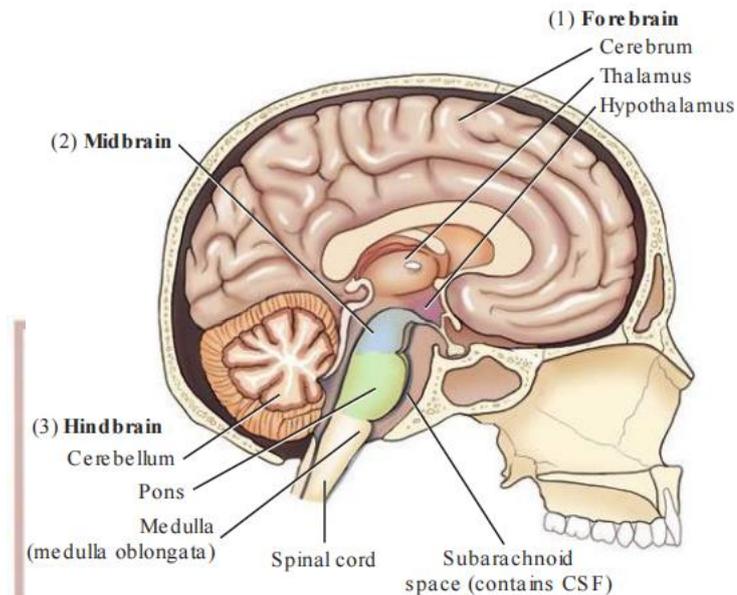
$(n/2+1)term$: nilai yang ditunjukkan pada data ke- $(n/2+1)$

$(n+1)/2 term$: nilai yang ditunjukkan pada data ke- $(n+1)/2$

2.7 Pemeriksaan CT Scan Head, Chest dan Abdomen

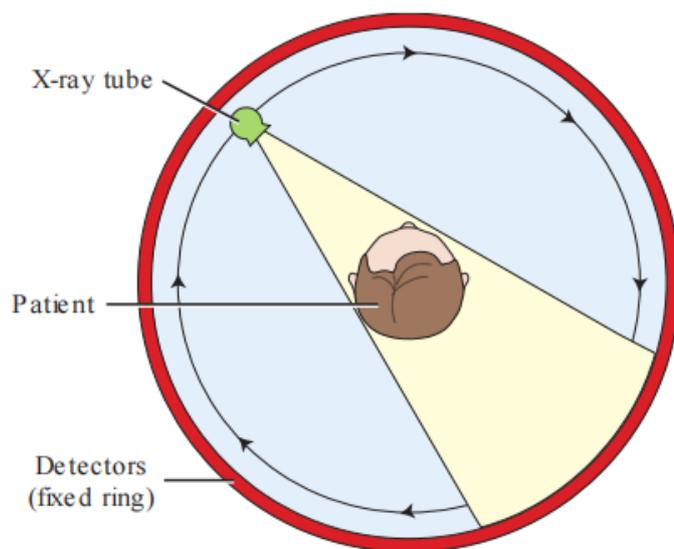
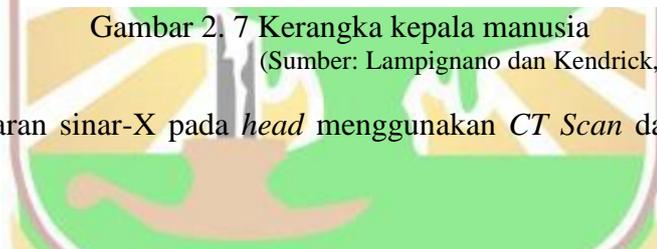
Pemeriksaan *CT Scan head, chest dan abdomen* merupakan pemeriksaan yang banyak dilakukan untuk mengidentifikasi tingkat kesehatan seseorang dengan menggunakan sinar-X yang ada di pesawat *CT Scan*. Kepala (*head*) terdiri dari beberapa bagian yaitu tulang kepala, otak dan beberapa organ lain. Tulang kepala terdiri dari dasar tengkorak, gubah tengkorak dan samping tengkorak. Otak terdiri dari otak besar (*cerebrum*), otak kecil (*cerebellum*), otak tengah

(*mesencefalon*), otak depan (*diensefalon*) dan jembatan varo. Kerangka kepala dapat dilihat pada Gambar 2.6.



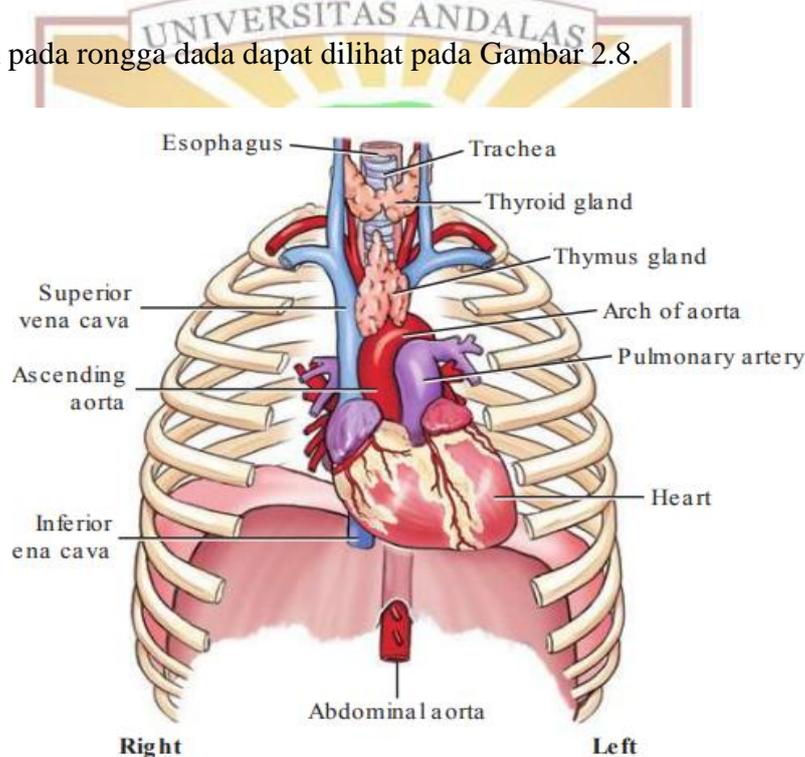
Gambar 2. 7 Kerangka kepala manusia
(Sumber: Lampignano dan Kendrick, 2018)

Penyinaran sinar-X pada *head* menggunakan *CT Scan* dapat dilihat pada Gambar 2.7.



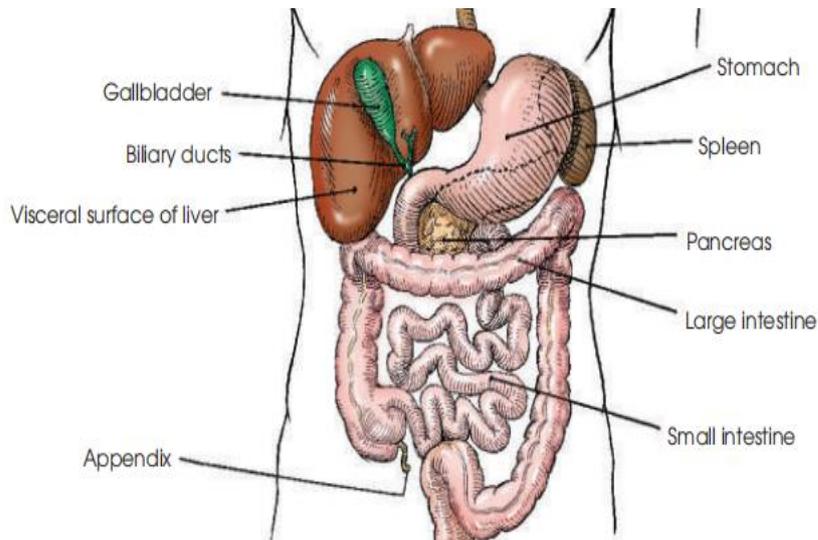
Gambar 2. 8 Penyinaran sinar-X pada kepala
(Sumber: Lampignano dan Kendrick, 2018)

Rongga dada (*chest*) yang disebut juga dengan *thorax* adalah rongga tubuh yang terletak di antara leher dan perut yang berbentuk kerucut, yang bagian bawah berukuran lebih besar dibandingkan bagian atas dan bagian belakang yang berukuran lebih panjang dibandingkan bagian depan. *Chest* tersusun dari beberapa bagian, yaitu tulang dada, tulang rusuk, dan ruas tulang belakang. *Chest* berisi paru-paru, mediastinum dan organ lainnya. Mediastinum adalah ruang yang berada diantara kedua paru-paru di dalam rongga dalam. Struktur di dalam mediastinum pada rongga dada dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2. 9 Struktur di dalam mediastinum
(Sumber: Lampignano dan Kendrick, 2018)

Rongga perut (*abdomen*) adalah rongga terbesar dalam tubuh. *Abdomen* terdiri dari lambung (*stomach*), usus halus (*small intestine*), usus besar (*large instine*), hati (*liver*), kandung empedu (*gallbladder*), pankreas, ginjal (*kidney*) dan limpa (speen). Bagian *abdomen* dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2. 10 Bagian *abdomen*

(Sumber: Lampignano dan Kendrick, 2018)

2.8 Pemeriksaan *CT Scan* media kontras dan non-kontras

Pemeriksaan *CT Scan* terbagi menjadi dua yaitu pemeriksaan dengan media kontras dan media tanpa kontras (non-kontras). Pemeriksaan dengan media kontras dilakukan dengan memasukkan atau menyuntikkan suatu media ke dalam tubuh pasien dengan menggunakan injektor untuk membantu pemeriksaan radiologi sehingga media yang dimasukkan tampak lebih *radioopaque* (tampak lebih cerah) atau lebih *radiolucent* (tampak lebih gelap) pada organ tubuh yang diperiksa yang memperjelas hasil citra dari pembuluh darah, jaringan lunak dan struktur tubuh, sedangkan pemeriksaan tanpa media kontras dilakukan tanpa memasukkan media ke dalam tubuh pasien (Akhadi, 2021) . Pada pemeriksaan *CT Scan* dengan media kontras terdapat 2 jenis kontras yang digunakan yaitu media kontras oral yang mengandung *Barium* (Ba) dan media kontras IV yang mengandung *Iodium* (I) (Seeram, 2016).

2.9 Faktor Eksposi

Faktor Eksposi terdiri dari tegangan dan kuat arus waktu.

1. Tegangan (kV) pada tabung merupakan beda potensial antara anoda dan katoda di dalam tabung sinar-X. Tegangan tabung menentukan energi sinar-X yang dihasilkan oleh tabung sinar-X. Energi sinar-X yang lebih tinggi disebabkan karena adanya tegangan yang tinggi antara anoda dan katoda sehingga dapat menghasilkan dosis radiasi yang lebih besar dan menyebabkan daya tembus sinar-X juga semakin besar (Bushong, 2013).
2. Kuat arus waktu (mAs) pada tabung mempengaruhi kuantitas atau banyaknya sinar-X yang dihasilkan. Semakin besar arus maka semakin banyak jumlah elektron yang dilepaskan oleh katoda dan semakin banyak elektron yang menumbuk anoda sehingga berkas sinar-X yang dihasilkan juga semakin banyak. Semakin besar arus yang diberikan maka semakin besar dosis radiasi yang dihasilkan.

2.10 Uji Linearitas

Linearitas adalah hubungan antara variabel dependen dan variabel indenpenden bersifat linear (garis lurus) yang dapat dijelaskan dengan persamaan garis lurus atau fungsi regresi sederhana. Uji linearitas bertujuan untuk mengetahui apakah dua variabel yang diuji mempunyai hubungan yang linear atau tidak secara signifikan. Linearitas bisa diuji menggunakan *scatter plot* (diagram pencar) dengan menambah garis regresi karena *scatter plot* hanya menampilkan hubungan dua variabel (Rosalina dkk, 2023).

Regresi linear sederhana untuk mengetahui hubungan linear dua variabel, jika hanya satu variabel independennya. Persamaan linear sederhana dapat dilihat pada Persamaan 2.8 (Silaen, 2018).

$$y = ax + b \quad (2.8)$$

dengan

y = variabel terikat sebagai variabel diprediksi

x = variabel bebas, nilai variabel yang diketahui

a = koefisien regresi sebagai *slop* (kemiringan garis *slop*).

b = koefisien sebagai intersep. Jika nilai $x = 0$ maka $y = b$.

Pengujian dapat dilakukan menggunakan koefisien determinasi yang bertujuan untuk mengetahui seberapa pengaruh variabel independen secara bersama-sama mempengaruhi variabel dependen. Nilai koefisien determinasi berkisar antara 0 dan 1 (Ghozali, 2016). Interpretasi dari nilai koefisien korelasi yang diberikan oleh Guilford (1956) dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Interpretasi nilai koefisien korelasi

No	Koefisien korelasi	Interpretasi
1	0,80 – 1,00	Sangat tinggi
2	0,60 – 0,80	Tinggi
3	0,40 – 0,60	Cukup
4	0,20 – 0,40	Rendah
5	0,00 – 0,20	Sangat rendah

(Sumber : Guilford, 1956)

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dimulai dari survei lapangan dan wawancara hingga penulisan tugas akhir dilakukan selama 9 bulan. Penelitian dilakukan di Instalasi Radiologi RS Unand Padang.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

1. *CT Scan* adalah salah satu modalitas rumah sakit yang digunakan sebagai sumber radiasi sinar-X dalam penelitian. Data yang digunakan pada penelitian yaitu data pasien yang melakukan pemeriksaan *CT Scan head, chest* dan *abdomen*. *CT Scan* milik Instalasi Radiologi RS Unand Padang dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Pesawat *CT Scan*
(sumber : RS Unand, 2024)

Spesifikasi *CT Scan* milik Instalasi Radiologi RS Unand Padang sebagai berikut:

Nomor KTUN BAPETEN : 00615.384.3.200123
Merek Unit dan Tabung : Philips
Model/Tipe Unit : Ingenuity CT
Nomor Seri Unit : 333138
Tahun Pembuatan : 2016
Model Tabung : MRC 880
Nomor Seri Tabung : 142788
Tegangan Maksimum : 140 kV
Kuat Arus Maksimum : 665 mA
Tanggal Uji Kesesuaian Unit : 01 November 2022 – 01 November 2026
Iterative Reconstruction (IR) : Tersedia
AEC : Tersedia

Hasil uji kesesuaian *CT Scan* dapat dilihat pada Lampiran A.

2. Data pasien dan data dosis pasien

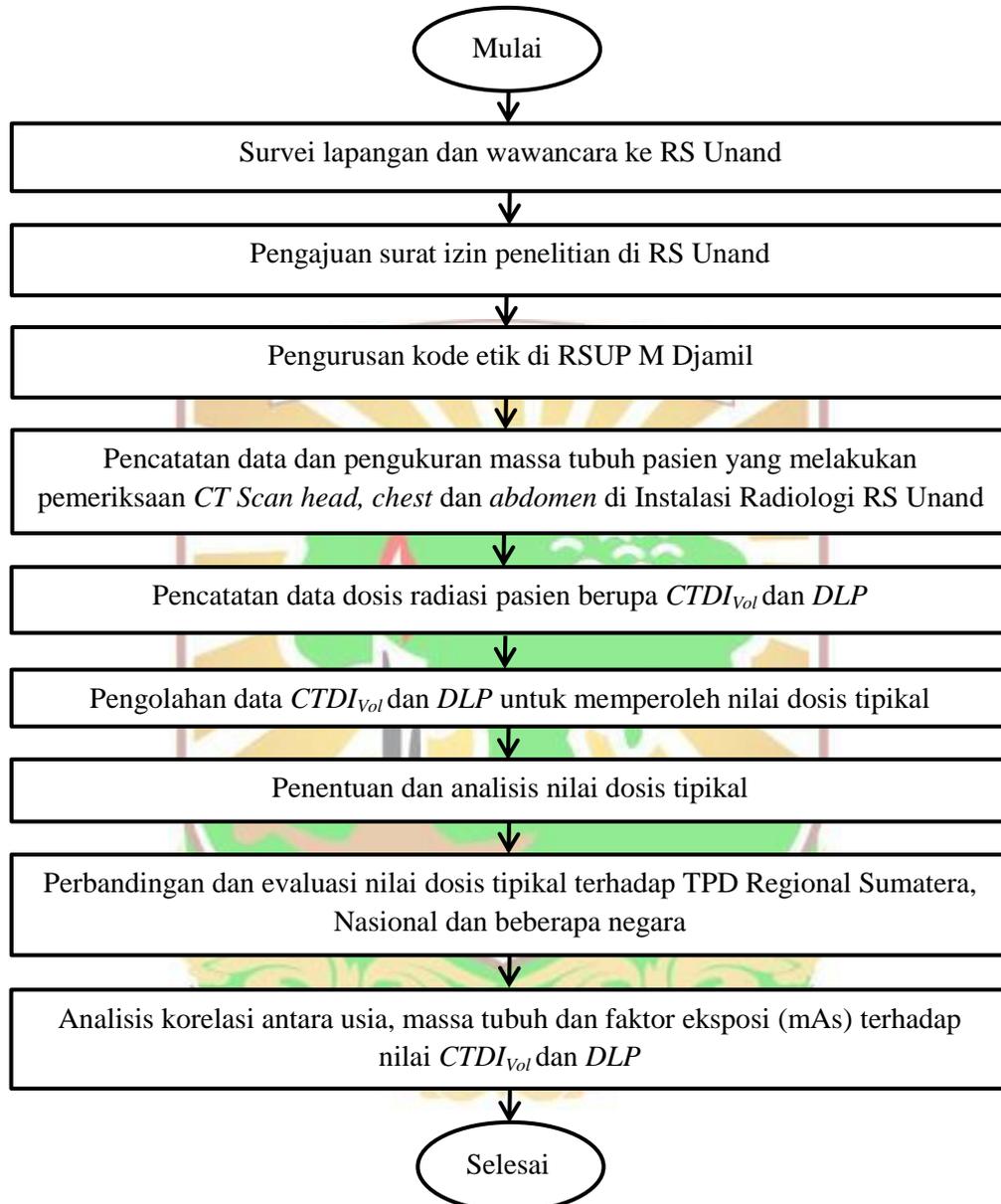
Data pasien dan data dosis pasien meliputi usia, massa tubuh, jumlah *sequence*, kontras, tegangan, kuat arus waktu, $CTDI_{Vol}$ dan DLP . Nilai $CTDI_{Vol}$ dan DLP digunakan sebagai data untuk evaluasi nilai dosis tipikal.

3. *Software microsoft excel* dan *origin*

Software microsoft excel dan *origin* digunakan untuk mengolah data dosis pasien dan melihat korelasi antara usia, massa tubuh, faktor eksposi (mAs) terhadap nilai $CTDI_{Vol}$ dan DLP .

3.3 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Tahapan penelitian

3.3.1 Survei lapangan dan wawancara

Survei lapangan yang dilakukan di RS Unand bertujuan untuk melihat lokasi penelitian dan wawancara yang telah dilakukan bersama fisikawan medis

bidang radiologi untuk mengumpulkan informasi dan memberikan izin dengan kelengkapan alat dan data pasien.

3.3.2 Pengajuan surat izin penelitian dan pengurusan kode etik

Pengajuan surat izin penelitian di Instalasi Radiologi RS Unand dilakukan dengan melakukan pengajuan surat izin penelitian dari Departemen Fisika dan menyerahkannya ke bagian administrasi dan tata usaha RS Unand. Surat izin penelitian dari rumah sakit digunakan sebagai tanda bukti bahwa peneliti sudah diizinkan untuk melakukan penelitian di Instalasi Radiologi RS Unand Padang. Setelah itu, Pengurusan kode etik dilakukan di Rumah Sakit Umum Pusat Dr. M Djamil Padang dengan melampirkan dan mengisi berkas yang diperlukan. Surat izin penelitian di Instalasi Radiologi RS Unand Padang dan surat perizinan kode etik dapat dilihat pada Lampiran B.

3.3.3 Pendataan pasien dan pengambilan data dosis pasien

Pendataan pasien dan pengambilan data dosis pasien dilakukan bersama dengan radiografer pada ruangan *CT Scan*. Data pasien berupa data pemeriksaan *CT Scan head* non-kontras, *chest* non-kontras, *abdomen* non-kontras dan *abdomen* kontras di Instalasi Radiologi RS Unand. Pendataan pasien dan pengambilan data dosis pasien dilakukan berdasarkan Pedoman Teknis Penerapan Tingkat Panduan Diagnostik (*Indonesian Diagnostik Reference Level*) Tahun 2021. Data yang dikumpulkan untuk evaluasi TPD terdiri dari:

- | | |
|------------------------|---------------------------|
| a. Nomor Urut Pasien | d. Jumlah <i>sequence</i> |
| b. Inisial Pasien | e. Tegangan (kVp) |
| c. Jenis Kelamin (P/L) | f. Arus (mAs) |

g. Usia (Tahun)

j. $CTDI_{Vol}$ rata-rata (mGy)

h. Massa Tubuh (kg)

k. DLP Total (mGy.cm)

i. *Contrast* (Y/T)

3.3.4 Pengolahan data

Pengolahan data dilakukan setelah terkumpulnya data pasien pemeriksaan *CT Scan head* media non-kontras, *chest* media non-kontras dan *abdomen* media kontras dan non-kontras. Pengolahan data terdiri dari:

1. Distribusi nilai $CTDI_{Vol}$ dan DLP

Distribusi nilai $CTDI_{Vol}$ dan DLP memuat sebaran data dosis radiasi pasien yang dibuat dalam bentuk grafik dengan menggunakan program *origin* dimana terdapat garis berwarna merah yang menunjukkan nilai TPD Nasional untuk setiap pemeriksaan. Nilai TPD Nasional yang direkomendasikan oleh BAPETEN dapat dilihat pada Lampiran E. Grafik distribusi terdiri dari nilai $CTDI_{Vol}$ dan DLP sebagai sumbu y dan nomor urut pasien sebagai sumbu x.

2. Penentuan nilai dosis tipikal

Data yang digunakan yaitu data pemeriksaan dalam massa tubuh normal (60 ± 10) kg dan usia dewasa (≥ 15 tahun). Data yang diolah untuk mendapatkan nilai dosis tipikal berupa data indikator dosis pada modalitas *CT Scan* yaitu data $CTDI_{Vol}$ dan DLP yang didapatkan langsung dari komputer (BAPETEN, 2021). Pengolahan nilai dosis tipikal dilakukan dengan memasukkan dan mengurutkan nilai $CTDI_{Vol}$ dan DLP masing-masing untuk setiap pemeriksaan ke dalam *microsoft excel*. Berdasarkan data urutan tersebut, akan diperoleh nilai Q_2 dari

jumlah data pasien yang terkumpul. Data dengan jumlah genap menggunakan Persamaan 2.6 dan jumlah ganjil menggunakan Persamaan 2.7.

3. Perbandingan dan evaluasi nilai dosis tipikal terhadap TPD Regional Sumatera, Nasional dan beberapa negara

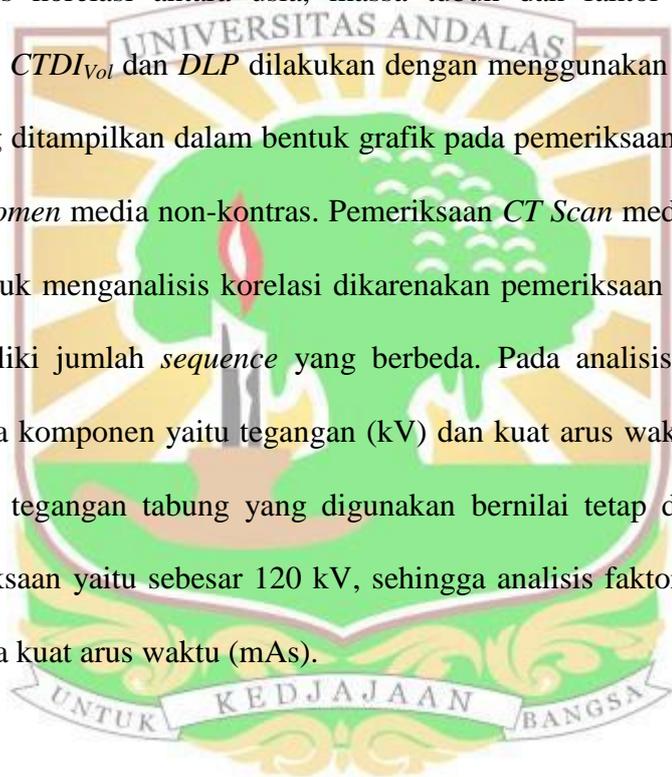
Hasil nilai dosis tipikal yang telah diperoleh kemudian dibandingkan dan dievaluasi dengan nilai TPD Regional Sumatera dan TPD Nasional. Perbandingan nilai dosis tipikal RS Unand dengan TPD Regional Sumatera dan TPD Nasional ditampilkan dalam bentuk tabel untuk masing-masing pemeriksaan terhadap nilai $CTDI_{Vol}$ dan DLP . Nilai dosis tipikal dibandingkan dengan nilai TPD beberapa negara yaitu TPD Jepang, United Kingdom (UK) dan Malaysia. Perbandingan nilai dosis tipikal RS Unand dengan TPD beberapa negara ditampilkan dalam bentuk diagram batang untuk masing-masing pemeriksaan terhadap nilai $CTDI_{Vol}$ dan DLP . Nilai TPD beberapa negara yaitu TPD Jepang, United Kingdom (UK) dan Malaysia dapat dilihat pada Lampiran G.

3.3.5 Analisis data

Nilai dosis tipikal didapatkan dari perhitungan Q_2 dan sebaran datanya ditampilkan dalam bentuk grafik serta dianalisis berdasarkan nilai dosis tipikal yang didapatkan untuk setiap pemeriksaan. Hasil nilai dosis tipikal yang telah diperoleh kemudian dibandingkan dan dievaluasi dengan nilai TPD Regional Sumatera berdasarkan Ringkasan Eksekutif Laporan Hasil Kajian *Diagnostic Reference Level* (DRL) Nasional Tahun 2021 (BAPETEN, 2021) dan TPD Nasional untuk modalitas *CT Scan* berdasarkan Keputusan Kepala BAPETEN Nomor: 1211/K/V/2021 yang mengacu pada *International Commission on*

Radiological Protection (ICRP) Publication 135 Tahun 2017. Nilai dosis tipikal dibandingkan dengan nilai TPD beberapa negara yaitu TPD Jepang, United Kingdom (UK) dan Malaysia untuk melihat seberapa besar perbedaan nilai yang didapatkan dengan menggunakan acuan yang sama untuk menentukan nilai TPD. Nilai dosis tipikal masing-masing pemeriksaan dibandingkan dan dievaluasi terhadap nilai $CTDI_{Vol}$ dan DLP .

Analisis korelasi antara usia, massa tubuh dan faktor eksposi (mAs) terhadap nilai $CTDI_{Vol}$ dan DLP dilakukan dengan menggunakan uji statistik dan linearitas yang ditampilkan dalam bentuk grafik pada pemeriksaan *CT Scan head*, *chest* dan *abdomen* media non-kontras. Pemeriksaan *CT Scan* media kontras tidak digunakan untuk menganalisis korelasi dikarenakan pemeriksaan *CT Scan* media kontras memiliki jumlah *sequence* yang berbeda. Pada analisis faktor eksposi terdiri dari dua komponen yaitu tegangan (kV) dan kuat arus waktu (mAs). Pada penelitian ini, tegangan tabung yang digunakan bernilai tetap dan sama untuk setiap pemeriksaan yaitu sebesar 120 kV, sehingga analisis faktor eksposi hanya dilakukan pada kuat arus waktu (mAs).

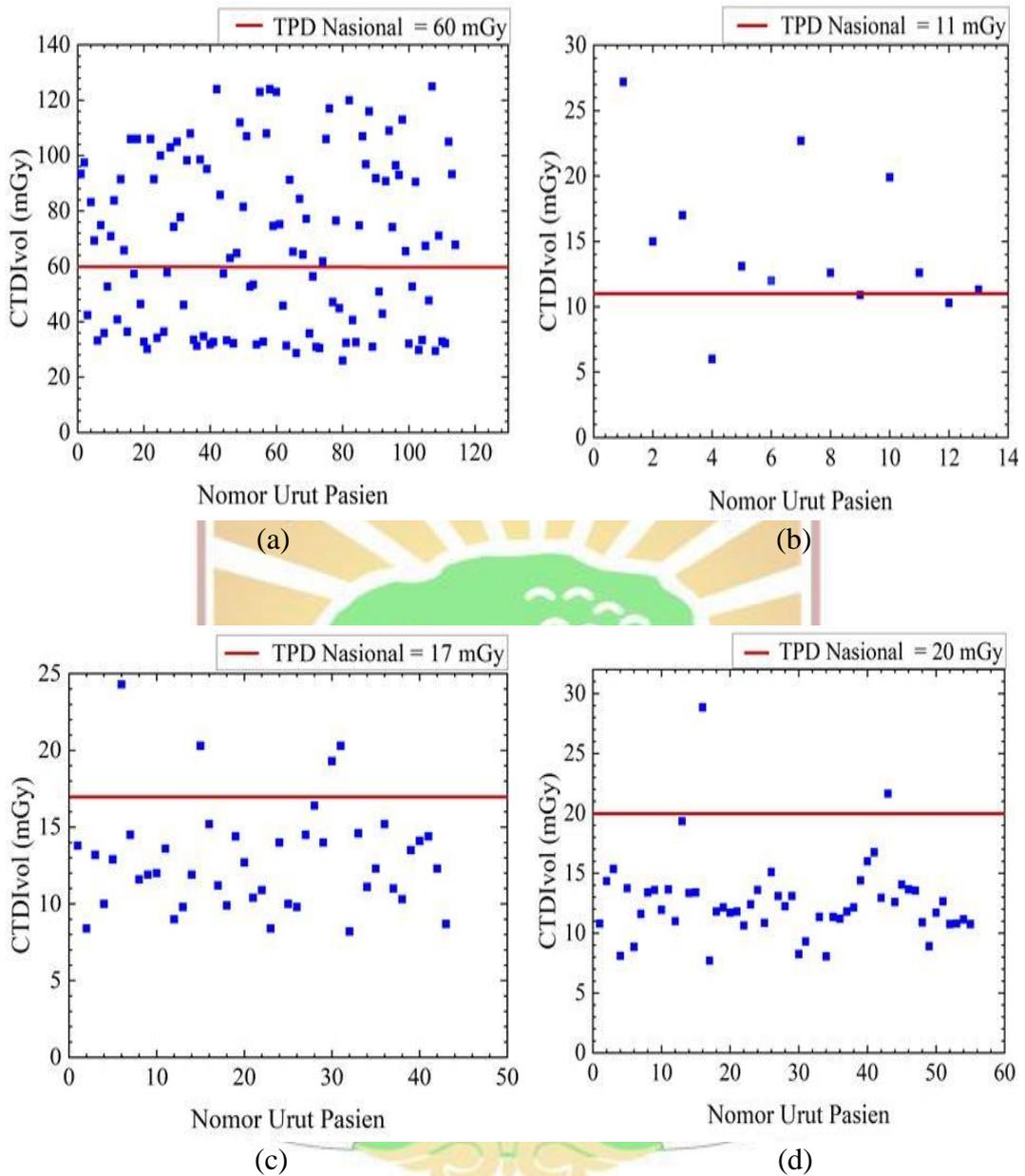


BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

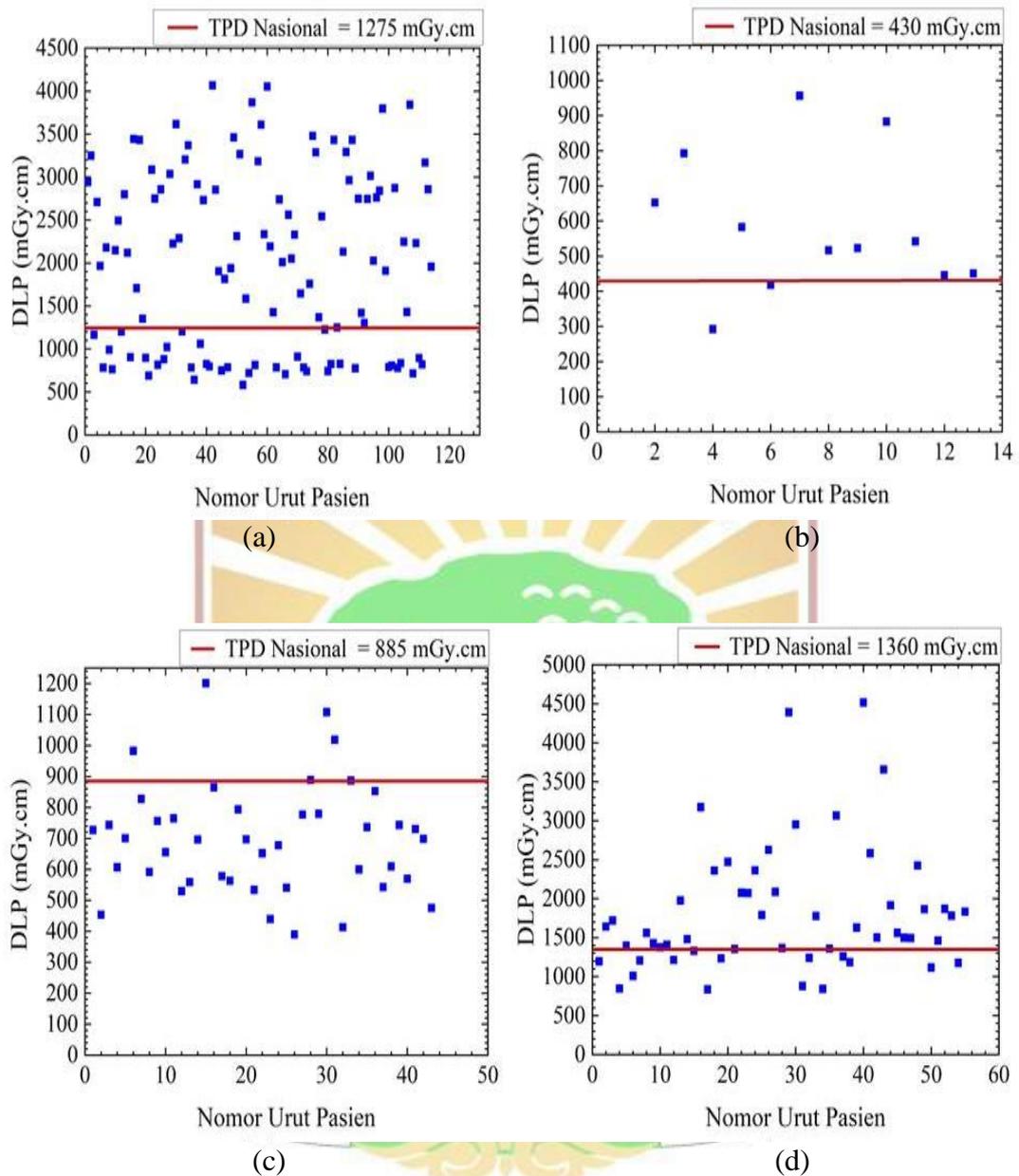
4.1 Penentuan dan Analisis Nilai Dosis Tipikal Pemeriksaan *CT Scan Head, Chest dan Abdomen* di RS Unand

Berdasarkan penelitian yang dilakukan di Instalasi Radiologi RS Unand didapatkan total data pasien untuk pemeriksaan *CT Scan head* non-kontras, *chest* non-kontras, *abdomen* non-kontras dan *abdomen* kontras sebanyak 225 data. Data dikelompokkan sehingga terdapat 114 data pasien pemeriksaan *CT Scan head* non-kontras, 13 data pasien pemeriksaan *CT Scan chest* non-kontras, 43 data pasien pemeriksaan *CT Scan abdomen* non-kontras dan 55 data pasien pemeriksaan *CT Scan abdomen* kontras. Distribusi nilai $CTDI_{Vol}$ dan DLP pada masing-masing pemeriksaan ditampilkan pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2.

Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 memuat sebaran data nilai dosis radiasi pasien di RS Unand untuk setiap pemeriksaan terhadap nilai $CTDI_{Vol}$ dan DLP , dimana garis lurus berwarna merah pada gambar menunjukkan nilai TPD Nasional yang direkomendasikan BAPETEN. Berdasarkan Gambar 4.1, didapatkan bahwa sebaran data nilai $CTDI_{Vol}$ pada pemeriksaan *CT Scan head* dan *chest* non-kontras banyak yang melewati garis TPD Nasional sedangkan pemeriksaan *CT Scan abdomen* media kontras dan non-kontras hanya sedikit yang melewati garis TPD Nasional. Berdasarkan Gambar 4.2, didapatkan bahwa sebaran data nilai DLP pada pemeriksaan *CT Scan abdomen* non-kontras hanya sedikit yang melewati garis TPD Nasional, sedangkan pemeriksaan lainnya relatif banyak yang melewati garis TPD Nasional.



Gambar 4.1 Distribusi $CTDI_{Vol}$ pada pemeriksaan *CT Scan* (a) bagian *head* non-kontras (b) bagian *chest* non-kontras (c) bagian *abdomen* non-kontras (d) bagian *abdomen* kontras



Gambar 4.2 Distribusi *DLP* pada pemeriksaan *CT Scan* (a) bagian *head* non-kontras (b) bagian *chest* non-kontras (c) bagian *abdomen* non-kontras (d) bagian *abdomen* kontras

Berdasarkan sebaran data tersebut, kemudian dilakukan perhitungan untuk memperoleh nilai median (Q_2) dan dianalisis untuk mendapatkan nilai dosis tipikal. Nilai Q_2 yang diperoleh ditampilkan pada Lampiran C. Data pemeriksaan *CT Scan chest* non-kontras masih membutuhkan data dosis yang lebih banyak (minimal 20 data pasien) untuk mendapatkan data yang lebih akurat.

Berdasarkan data dosis pasien pada *CT Scan* di Instalasi Radiologi RS Unand, diperoleh nilai dosis tipikal yang melalui perhitungan menggunakan Persamaan 2.6 untuk data genap dan Persamaan 2.7 untuk data ganjil. Nilai dosis tipikal untuk $CTDI_{Vol}$ dan DLP pada setiap pemeriksaan ditampilkan pada Tabel 4.1 dan hasil perhitungan nilai dosis tipikal RS Unand ditampilkan pada Lampiran C.

Tabel 4.1 Hasil perhitungan nilai dosis tipikal untuk setiap pemeriksaan

No	Jenis Pemeriksaan	$CTDI_{Vol}$ RS Unand (mGy)	DLP RS Unand (mGy.cm)
1	<i>CT Scan head</i> non-kontras	66,6	2019,6
2	<i>CT Scan abdomen</i> non-kontras	12,3	697,1
3	<i>CT Scan abdomen</i> kontras	12,15	1560,7

Berdasarkan Tabel 4.1 diperoleh nilai dosis tipikal RS Unand untuk $CTDI_{Vol}$ dan DLP pada setiap pemeriksaan. Nilai $CTDI_{Vol}$ dan DLP RS Unand yang tertinggi terdapat pada pemeriksaan *CT Scan head* non-kontras. Nilai $CTDI_{Vol}$ RS Unand yang terendah terdapat pada pemeriksaan *CT Scan abdomen* kontras, sedangkan nilai DLP RS Unand yang terendah terdapat pada pemeriksaan *CT Scan abdomen* non-kontras.

4.2 Perbandingan dan Evaluasi Nilai Dosis Tipikal Terhadap TPD Regional Sumatera, TPD Nasional dan TPD Beberapa Negara

Hasil nilai dosis tipikal RS Unand pada pemeriksaan menggunakan *CT Scan* dievaluasi dan dibandingkan terhadap TPD Regional Sumatera, Nasional dan

beberapa negara yang dapat dilihat pada Tabel 4.2. Evaluasi nilai dosis tipikal terhadap TPD Regional Sumatera dilakukan berdasarkan Ringkasan Eksekutif Laporan Hasil Kajian *Diagnostic Reference Level* (DRL) Nasional tahun 2021 yang ditampilkan pada Lampiran D dan evaluasi nilai dosis tipikal terhadap TPD Nasional dilakukan berdasarkan Keputusan Kepala BAPETEN Nomor:1211/K/V/2021 yang ditampilkan pada Lampiran E. Perbandingan nilai dosis tipikal dengan TPD beberapa negara yaitu Jepang, United Kingdom (UK) dan Malaysia. Nilai TPD negara Jepang, United Kingdom (UK) dan Malaysia dapat dilihat pada Lampiran G.

Tabel 4.2 menunjukkan bahwa nilai $CTDI_{Vol}$ RS Unand pada pemeriksaan *CT Scan abdomen* non-kontras dan *CT Scan abdomen* kontras lebih rendah dari TPD Regional Sumatera dan TPD Nasional, sedangkan pemeriksaan *CT Scan head* non-kontras lebih tinggi daripada TPD Regional Sumatera dan TPD Nasional. Nilai *DLP* RS Unand pada pemeriksaan *CT Scan abdomen* non-kontras lebih rendah dari TPD Regional Sumatera dan TPD Nasional, sedangkan pemeriksaan *CT Scan* yang lain relatif lebih tinggi daripada TPD Regional Sumatera dan TPD Nasional.

Merujuk Tabel 4.2 terlihat nilai $Q_2 CTDI_{Vol}$ untuk pemeriksaan *CT Scan head* di RS Unand sangat tinggi dibandingkan dengan TPD Regional Sumatera dan Nasional, maka fisikawan medis perlu melakukan evaluasi terhadap dosis radiasi yang diterima pasien. Evaluasi yang dapat dilakukan berupa prosedur pemindaian, pemanfaatan fitur modalitas dan keterampilan pekerja. Nilai $CTDI_{Vol}$ RS Unand yang lebih tinggi dapat disebabkan oleh kuat arus waktu (mAs) (Bushong, 2013).

Tabel 4.2 Perbandingan dan evaluasi nilai dosis tipikal untuk setiap pemeriksaan

No	Jenis Pemeriksaan	Nilai dosis tipikal (RS Unand) (2024)		TPD Regional Sumatera (2021)		TPD Nasional (2021)		TPD Negara Jepang (2020)		TPD Negara UK (2022)		TPD Negara Malaysia (2024)	
		$CTDI_{Vol}$ (mGy)	DLP (mGy.cm)	$CTDI_{Vol}$ (mGy)	DLP (mGy.cm)	$CTDI_{Vol}$ (mGy)	DLP (mGy.cm)	$CTDI_{Vol}$ (mGy)	DLP (mGy.cm)	$CTDI_{Vol}$ (mGy)	DLP (mGy.cm)	$CTDI_{Vol}$ (mGy)	DLP (mGy.cm)
1	CT Head non-kontras	66,6	2019,6	61,8	1317	60	1275	77	1350	47	790	46,8	1050
2	CT Abdomen non-kontras	12,3	697,1	15,2	980	17	885	18	880	10	530	12,8	450
3	CT Abdomen kontras	12,15	1560,7	19,3	1197	20	1360	20	1000	15	745	-	-

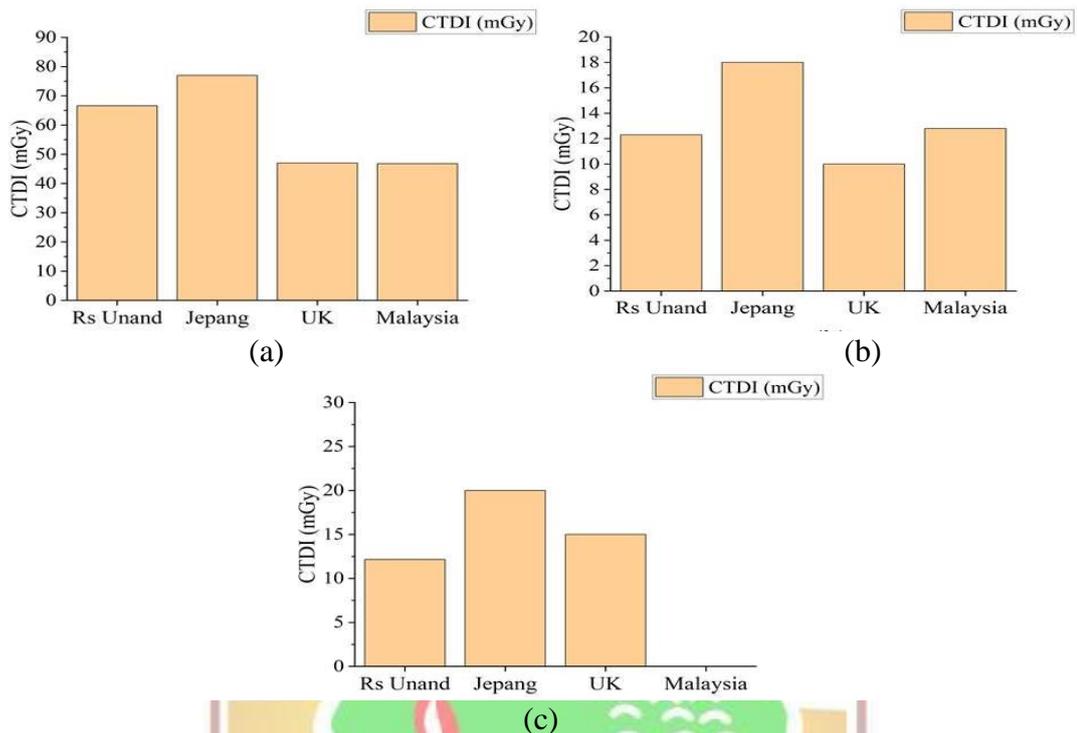
Semakin tinggi kuat arus waktu (mAs) maka semakin besar nilai $CTDI_{Vol}$. Pengaruh kuat arus waktu lebih besar dibandingkan dengan tegangan tabung karena tegangan tabung mempengaruhi kualitas sinar-X sedangkan kuat arus waktu mempengaruhi kuantitas atau banyaknya sinar-X yang dihasilkan (Nuraeni dkk, 2021). Penelitian yang sama dilakukan oleh Ginting dkk, (2023) yang menggunakan tegangan tabung yang bernilai tetap dan sama untuk setiap pemeriksaan yaitu sebesar 130 kV dan kuat arus waktu yang bervariasi, didapatkan hasil yaitu kuat arus waktu yang tinggi dapat mempengaruhi nilai $CTDI_{Vol}$ dimana semakin besar kuat arus waktu maka semakin besar pula nilai $CTDI_{Vol}$.

Nilai DLP RS Unand yang lebih tinggi dapat disebabkan oleh perbedaan panjang pemindaian (*scan length*) dan jumlah *sequence* dalam pemeriksaan (Dewanti dkk, 2023). Panjang pemindaian yang dilakukan dipengaruhi oleh kebutuhan medis pasien dalam prosedur pemeriksaan dan panjang ukuran tubuh pasien saat penyinaran. Hal ini sesuai dengan penelitian Kristinayanti (2019), didapatkan bahwa panjang pemindaian (*scan length*) dari pengujian menggunakan fantom diperpanjang menyebabkan meningkatnya nilai DLP . Pemeriksaan media non-kontras hanya berjumlah satu *sequence*, sedangkan pada pemeriksaan *CT Scan abdomen* dengan media kontras berjumlah dua, tiga dan empat *sequence*. Jumlah *sequence* pemeriksaan mempengaruhi nilai DLP , semakin banyak *sequence* pemeriksaan maka semakin banyak dosis radiasi yang dibutuhkan dan semakin besar nilai DLP . Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Ginting dkk, (2023) yang menunjukkan faktor eksposi yang lebih dari 3 kali menyebabkan

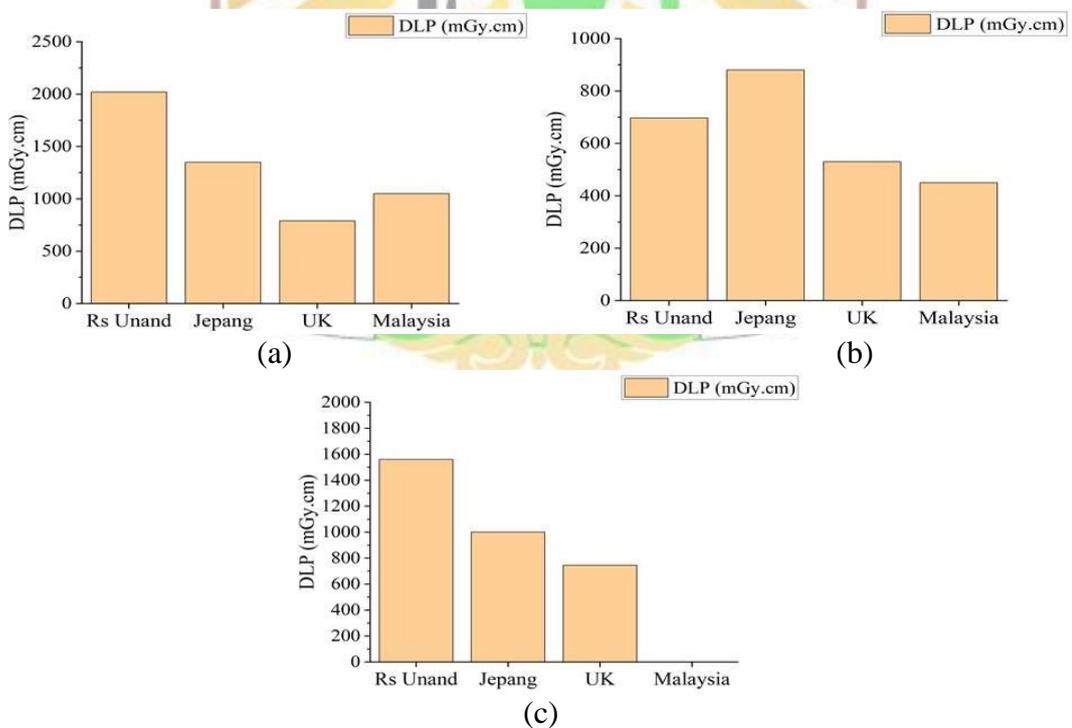
meningkatnya dosis radiasi. Panjang pemindaian dan jumlah *sequence* pemeriksaan *CT Scan* bagian *head*, *chest* dan *abdomen* ditampilkan pada Lampiran F. Radiografer dan fisikawan medis dapat mengimplementasikan teknik pemindaian yang lebih efisien dan penggunaan protokol pemindaian yang disesuaikan dengan kebutuhan spesifik pasien untuk menghindari paparan radiasi yang tidak perlu.

Modalitas *CT Scan* yang digunakan di RS Unand sudah dilengkapi dengan beberapa fitur seperti *Iterative Reconstruction (IR)* yang mampu mengurangi dosis radiasi. Namun dosis radiasi yang diterima pasien RS Unand masih besar dan melampaui TPD yang direkomendasikan BAPETEN. Dewanti (2023) melakukan penelitian terkait TPD untuk pemeriksaan *head* non-kontras dan *chest* non-kontras di RSUP M. Djamil mendapatkan nilai $CTDI_{Vol}$ yang lebih rendah daripada TPD Regional Sumatera dan TPD Nasional sedangkan spesifikasi alat yang digunakan sama dengan RS Unand. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan teknik fitur IR yang digunakan untuk setiap modalitas rumah sakit. Berdasarkan hasil yang didapatkan maka direkomendasikan bahwa radiografer dan fisikawan medis agar memperhatikan faktor eksposi berdasarkan massa tubuh dan panjang pemindaian pasien saat penyinaran.

Berdasarkan Tabel 4.2, perbandingan nilai dosis tipikal *CT Scan* RS Unand terhadap TPD beberapa negara (Jepang, United Kingdom (UK) dan Malaysia) pada nilai $CTDI_{Vol}$ dan *DLP* untuk setiap pemeriksaan ditampilkan dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada Gambar 4.3 dan Gambar 4.4.



Gambar 4.3 Perbandingan $CTDI_{Vol}$ RS Unand terhadap beberapa negara (a) bagian *head* non-kontras (b) bagian *abdomen* non-kontras (c) bagian *abdomen* kontras



Gambar 4.4 Perbandingan DLP RS Unand dengan beberapa negara (a) bagian *head* non-kontras (b) bagian *abdomen* non-kontras (c) bagian *abdomen* kontras

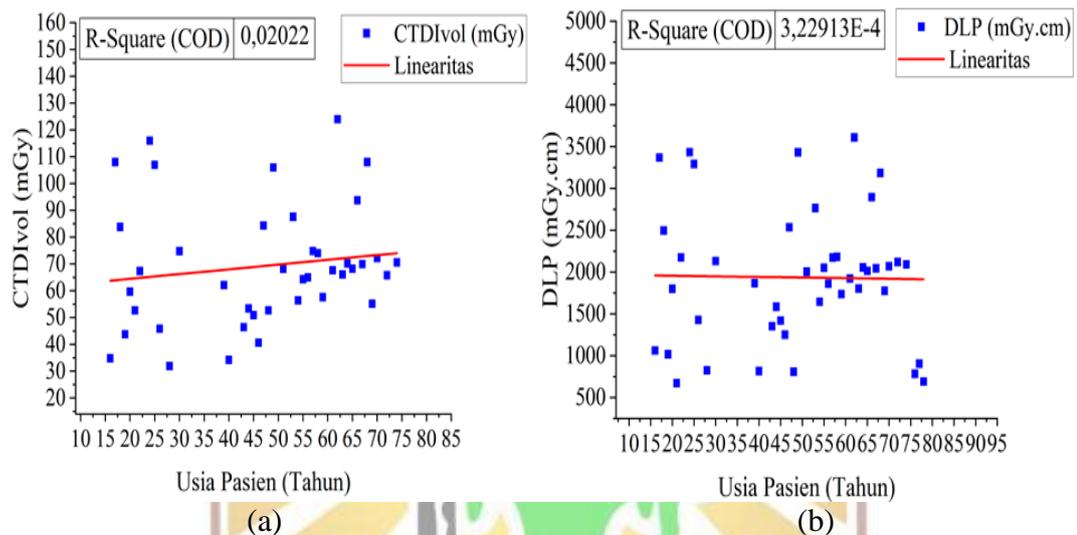
Gambar 4.3 dan Gambar 4.4 menunjukkan perbandingan nilai dosis tipikal RS Unand terhadap nilai $CTDI_{Vol}$ yang relatif lebih rendah dan nilai DLP yang relatif lebih tinggi dari TPD beberapa negara yaitu Jepang, UK dan Malaysia. Nilai TPD negara UK relatif lebih rendah daripada RS Unand dan TPD beberapa negara di Asia. Hal ini dapat disebabkan oleh adanya perbedaan dalam teknik dan teknologi pemindaian serta protokol pemindaian. Negara UK berada di Eropa yang memiliki ukuran fisik manusia yang lebih besar daripada ukuran fisik manusia beberapa negara di Asia. Ukuran fisik manusia meliputi massa tubuh dan tinggi tubuh. Nilai TPD yang tinggi juga dapat disebabkan oleh panjang pemindaian dan panjang ukuran tubuh pasien sesuai kebutuhan medis saat pemeriksaan. Oleh Karena itu, seharusnya nilai TPD untuk ukuran fisik manusia yang lebih kecil di beberapa negara di Asia dapat bernilai serendah mungkin dari negara UK dan dapat meningkatkan optimalisasi dosis radiasi pasien dengan pemanfaatan teknik, teknologi dan protokol pemindaian yang lebih baik.

4.3 Analisis Korelasi Usia, Massa Tubuh dan Faktor Eksposi (mAs) terhadap Nilai $CTDI_{Vol}$ dan DLP

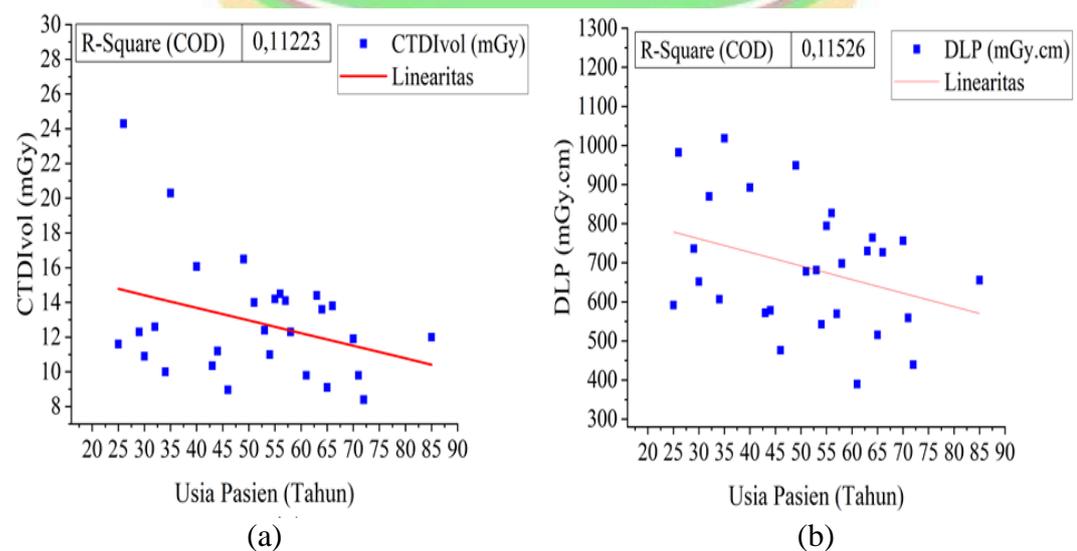
Analisis korelasi antara usia, massa tubuh dan faktor eksposi (mAs) terhadap $CTDI_{Vol}$ dan DLP menggunakan data dosis pasien pada setiap pemeriksaan $CT Scan$ media non-kontras, sedangkan data dosis pemeriksaan $CT Scan$ media kontras tidak digunakan untuk menganalisis korelasi dikarenakan pemeriksaan $CT Scan$ media kontras memiliki jumlah *sequence* yang berbeda. Pemeriksaan $CT Scan$ media kontras dengan jumlah *sequence* yang berbeda ditampilkan pada Lampiran F. Korelasi antara usia, massa tubuh dan faktor eksposi (mAs) terhadap $CTDI_{Vol}$ dan DLP diperoleh analisis hubungan sebagai berikut:

4.3.1 Korelasi Usia terhadap Nilai $CTDI_{Vol}$ dan DLP

Korelasi usia terhadap nilai $CTDI_{Vol}$ dan DLP pada pemeriksaan $CT Scan$ bagian *head* non-kontras dan *abdomen* non-kontras berturut-turut ditampilkan pada Gambar 4.5 dan Gambar 4.6.



Gambar 4.5 (a) Korelasi usia terhadap $CTDI_{Vol}$ pada pemeriksaan $CT Scan$ *head* non-kontras (b) Korelasi usia terhadap DLP pada pemeriksaan $CT Scan$ *head* non-kontras

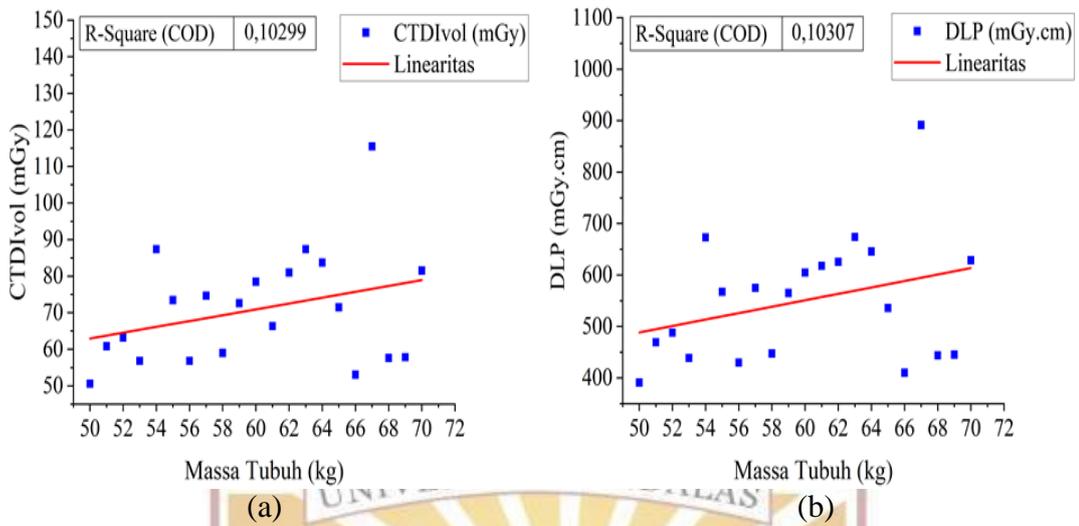


Gambar 4.6 (a) Korelasi usia terhadap $CTDI_{Vol}$ pada pemeriksaan $CT Scan$ *abdomen* non-kontras (b) Korelasi usia terhadap DLP pada pemeriksaan $CT Scan$ *abdomen* non-kontras

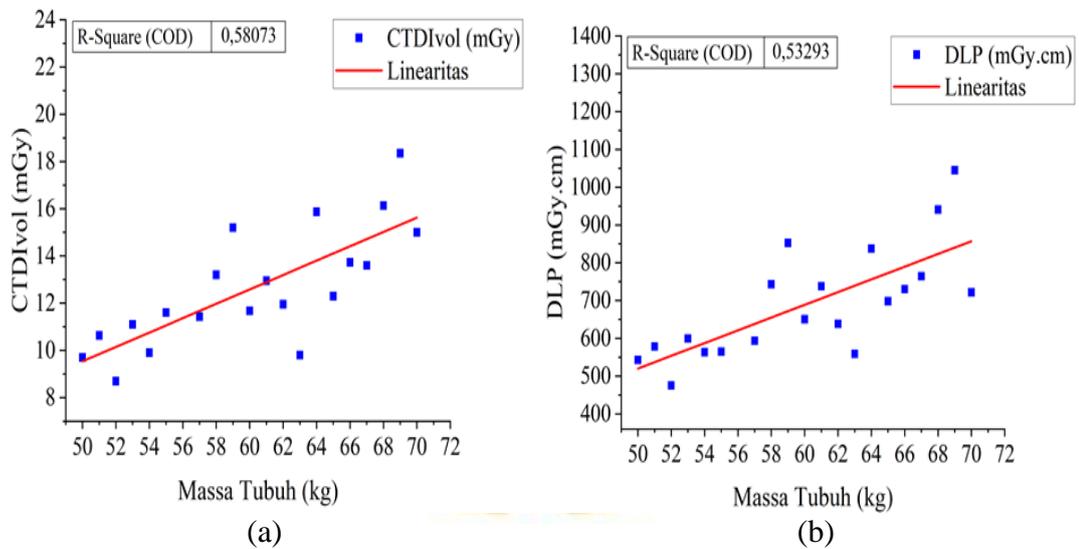
Berdasarkan Gambar 4.5 dan Gambar 4.6 korelasi usia terhadap $CTDI_{vol}$ dan DLP pada setiap pemeriksaan *CT Scan* dilakukan dengan menggunakan uji statistik dan linearitas. Hasil yang didapatkan menunjukkan nilai koefisien determinasinya (R^2) sebesar 0,1 hingga 0,2 yang mengindikasikan hubungan yang sangat rendah atau dapat dikatakan tidak adanya korelasi yang signifikan karena sebaran data yang menyebar di bagian tengah. Pemeriksaan bagian *head* dipengaruhi oleh faktor eksposi (mAs) yang tinggi dan panjang pemindaian saat pemeriksaan yang sesuai dengan kebutuhan medis pasien. Panjang pemindaian pemeriksaan *CT Scan head* ditampilkan pada Lampiran F.1. Penelitian yang sama dilakukan oleh Siregar dkk (2020) dan Dewanti dkk (2024), didapatkan bahwa usia tidak memiliki korelasi yang signifikan terhadap nilai $CTDI_{vol}$ dan DLP .

4.3.2 Korelasi Massa Tubuh terhadap Nilai $CTDI_{vol}$ dan DLP

Korelasi massa tubuh terhadap nilai $CTDI_{vol}$ dan DLP pada pemeriksaan *CT Scan* bagian *head* non-kontras ditampilkan pada Gambar 4.7. Berdasarkan Gambar 4.7, Korelasi massa tubuh terhadap $CTDI_{vol}$ dan DLP pada pemeriksaan *CT Scan head* non-kontras dilakukan menggunakan uji statistik dan linearitas. Hasil menunjukkan nilai koefisien determinasinya (R^2) sebesar 0,1 yang mengindikasikan korelasi yang sangat rendah atau dapat dikatakan tidak adanya korelasi yang signifikan. Bagian *head* memiliki struktur yang padat dari bagian yang lain, maka membutuhkan dosis radiasi yang lebih besar saat pemeriksaan dan dosis radiasi yang diserap oleh pasien cenderung lebih banyak. Hal ini dapat disebabkan oleh bagian *head* yang tidak dipengaruhi oleh lemak dan lingkaran tengkorak pasien dewasa (Vasković, 2023).



Gambar 4.7 (a) Korelasi massa tubuh terhadap $CTDI_{vol}$ pada pemeriksaan *CT Scan head* non-kontras (b) Korelasi massa tubuh terhadap DLP pada pemeriksaan *CT Scan head* non-kontras



Gambar 4.8 (a) Korelasi massa tubuh terhadap $CTDI_{vol}$ pada pemeriksaan *CT Scan abdomen* non-kontras (b) Korelasi massa tubuh terhadap DLP pada pemeriksaan *CT Scan abdomen* non-kontras

Korelasi massa tubuh terhadap nilai $CTDI_{Vol}$ dan DLP pada pemeriksaan CT Scan bagian *abdomen* non-kontras ditampilkan pada Gambar 4.8. Berdasarkan Gambar 4.8, korelasi massa tubuh terhadap $CTDI_{Vol}$ dan DLP pada pemeriksaan CT Scan *abdomen* non-kontras yang dilakukan menunjukkan korelasi yang cukup dengan nilai koefisien determinasinya besar dari 0,5 maka adanya korelasi yang signifikan. Pemeriksaan bagian *abdomen* memiliki panjang pemindaian yang lebih besar dari pemeriksaan yang lain sehingga membutuhkan dosis radiasi yang lebih banyak saat pemeriksaan dan semakin besar dosis radiasi yang diterima oleh pasien. Namun, pada pemeriksaan bagian *abdomen* terdapat perbedaan panjang pemindaian yang berlebih hingga ke bagian *pelvis* (rongga panggul). Pemeriksaan bagian *abdomen* dengan panjang pemindaian yang berlebih ditampilkan pada Lampiran F.3.

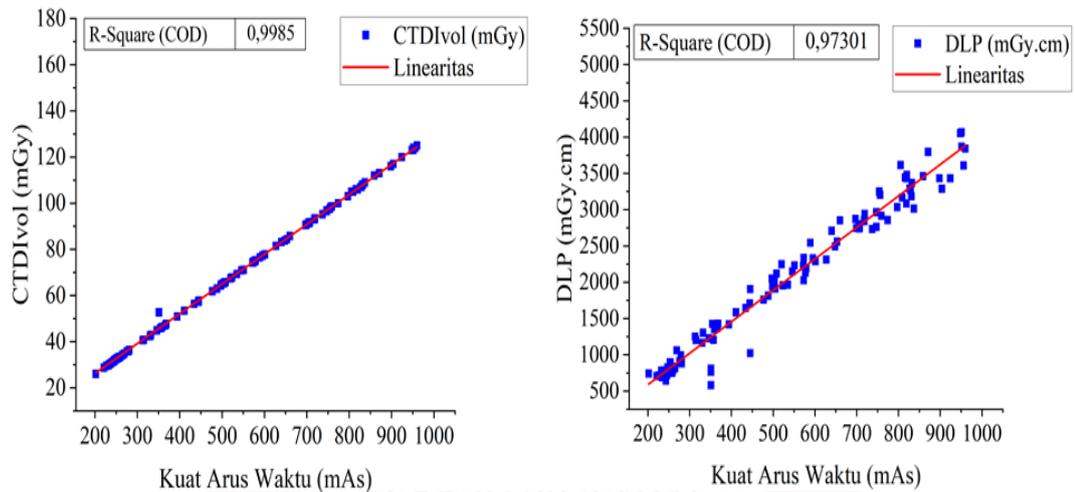
Penelitian yang sama dilakukan oleh Dewanti dkk, (2024), didapatkan bahwa massa tubuh memiliki korelasi terhadap nilai $CTDI_{Vol}$ dan DLP . Pasien dengan massa tubuh yang besar dan memiliki ketebalan tubuh yang besar cenderung menggunakan mAs yang lebih besar sehingga banyaknya radiasi yang diterima oleh pasien yang menyebabkan semakin besar nilai $CTDI_{Vol}$ dan DLP . Hasil yang sama ditunjukkan oleh penelitian O'neill dkk, (2018) yaitu adanya korelasi massa tubuh terhadap nilai $CTDI_{Vol}$ dan DLP dimana semakin besar massa tubuh pasien maka cenderung membutuhkan dosis radiasi yang lebih besar.

4.3.3 Korelasi Faktor Eksposi (mAs) terhadap nilai $CTDI_{Vol}$ dan DLP

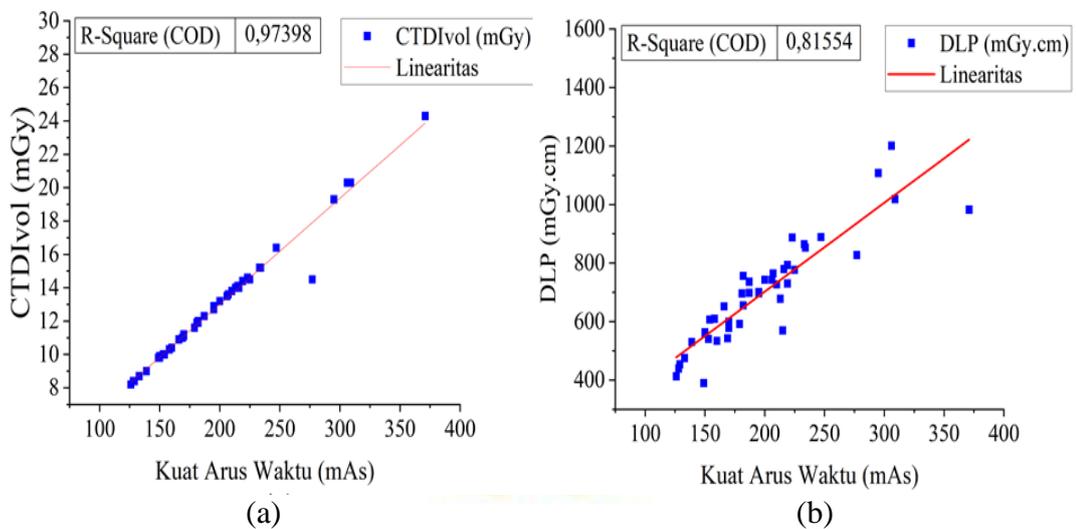
Korelasi kuat arus waktu (mAs) terhadap $CTDI_{Vol}$ dan DLP pada pemeriksaan CT Scan *head* non-kontras, *chest* non-kontras dan *abdomen* non-

kontras berturut-turut ditampilkan pada Gambar 4.9 dan Gambar 4.10. Berdasarkan Gambar 4.9 dan Gambar 4.10 korelasi mAs terhadap $CTDI_{Vol}$ dan DLP pada setiap pemeriksaan *CT Scan* menunjukkan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,8 hingga 0,9 yang memiliki korelasi yang sangat tinggi hampir mendekati 1 maka adanya hubungan yang signifikan antara kuat arus dan waktu yang diberikan terhadap dosis yang dihasilkan.

Hasil ini relevan dengan penelitian yang dilakukan oleh Nuraeni dkk, (2021) dan Dewanti dkk, (2024), didapatkan kuat arus waktu (mAs) berpengaruh terhadap pemberian dosis radiasi. Kuat arus waktu (mAs) dipengaruhi oleh aliran elektron yang dilepaskan filamen menuju tabung sinar-X, semakin banyak elektron maka semakin banyak sinar-X yang dihasilkan sehingga semakin tinggi dosis radiasi yang diterima oleh pasien (Bushong, 2013). Penelitian lain yang dilakukan Irsal dan Winarto (2020), menyatakan hal yang sama yaitu besarnya dosis radiasi dipengaruhi oleh mAs yang diterima oleh pasien. Semakin kecil nilai mAs maka semakin sedikit sinar-X yang dihasilkan sehingga semakin sedikit dosis radiasi yang diterima oleh pasien. Seperti yang dijelaskan sebelumnya bahwa pesawat *CT Scan* yang digunakan oleh RS Unand sudah dilengkapi oleh beberapa fitur seperti teknik IR sehingga parameter kuat arus waktu sudah diberikan secara otomatis oleh *CT Scan*. Hal yang perlu diperhatikan oleh radiografer dan fisikawan medis adalah ketepatan dalam mengukur panjang penyinaran sehingga nilai dosis radiasi dapat lebih tepat.



Gambar 4.9 (a) Korelasi mAs terhadap $CTDI_{Vol}$ pada pemeriksaan *CT Scan head* non-kontras (b) Korelasi mAs terhadap DLP pada pemeriksaan *CT Scan head* non-kontras



Gambar 4.10 (a) Korelasi mAs terhadap $CTDI_{Vol}$ pada pemeriksaan *CT Scan abdomen* non-kontras (b) Korelasi mAs terhadap DLP pada pemeriksaan *CT Scan abdomen* non-kontras

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Nilai $CTDI_{Vol}$ dan DLP RS Unand yang tertinggi terdapat pada pemeriksaan *CT Scan head* non-kontras. Nilai $CTDI_{Vol}$ RS Unand yang terendah terdapat pada pemeriksaan *CT Scan abdomen* kontras, sedangkan nilai DLP RS Unand yang terendah terdapat pada pemeriksaan *CT Scan abdomen* non-kontras.
2. Nilai dosis tipikal RS Unand pemeriksaan *CT Scan abdomen* non-kontras tidak melewati TPD Regional Sumatera dan TPD Nasional, sedangkan pemeriksaan *CT Scan head* non-kontras dan *abdomen* kontras melewati TPD Regional Sumatera dan TPD Nasional. Nilai dosis tipikal $CTDI_{Vol}$ RS Unand relatif lebih rendah dan DLP RS Unand relatif lebih tinggi daripada TPD beberapa negara.
3. Usia memiliki korelasi yang sangat lemah, massa tubuh memiliki korelasi yang cukup rendah dan kuat arus waktu (mAs) memiliki korelasi yang sangat kuat terhadap nilai $CTDI_{Vol}$ dan DLP .

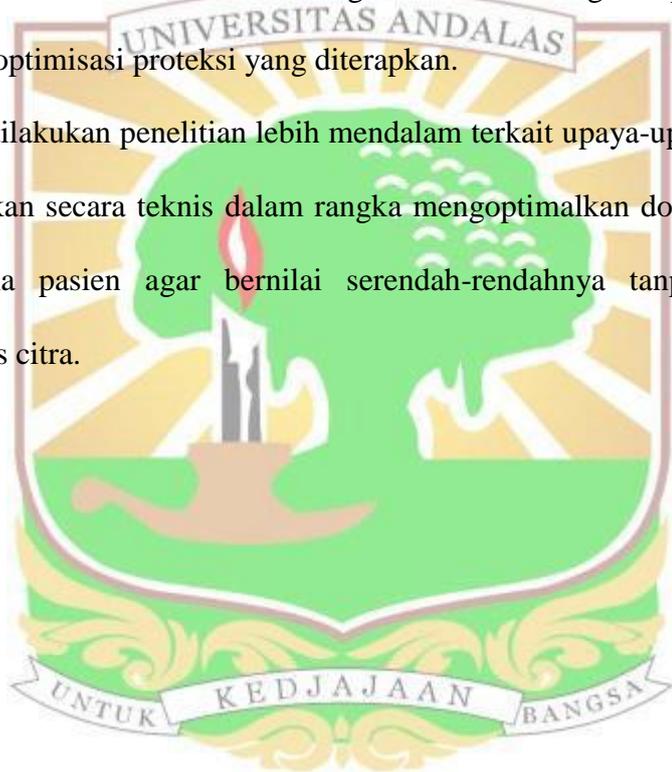
5.2 SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka disarankan:

1. Radiografer dan fisikawan medis agar mencatat data pasien dan data dosis pasien sebagai bagian dari laporan pemeriksaan untuk menentukan nilai dosis tipikal dan melakukan evaluasi jika nilai dosis tipikal melewati TPD

Nasional yang dapat dilakukan berupa prosedur pemindaian, pemanfaatan fitur modalitas dan keterampilan pekerja.

2. Melakukan penentuan TPD Lokal pada beberapa rumah sakit di Kota Padang dengan tujuan mengetahui penerapan upaya optimisasi yang telah dilakukan di tiap rumah sakit Kota Padang.
3. Nilai dosis tipikal di RS Unand direkomendasikan untuk terus diperbaharui dan disesuaikan dengan data terbaru agar dapat memastikan upaya optimisasi proteksi yang diterapkan.
4. Perlu dilakukan penelitian lebih mendalam terkait upaya-upaya yang dapat dilakukan secara teknis dalam rangka mengoptimalkan dosis radiasi yang diterima pasien agar bernilai serendah-rendahnya tanpa mengurangi kualitas citra.



DAFTAR PUSTAKA

- Akhadi, M., 2000, *Dasar-Dasar Proteksi Radiasi*, Rineka Cipta, Jakarta.
- Akhadi, M., 2020, *Sinar-X Menjawab Masalah Kesehatan*, Deepublish, Yogyakarta.
- Akhadi, M., 2021, *Sinar-X dari Sejarah Penemuan hingga pemanfaatannya*, Deepublish, Yogyakarta.
- Bushberg, J.T., Siebert, J.A., Leidholdt, E.M., dan Boone, J.M., 2012, *The Essential Physics of Medical Imaging*, Edisi Ketiga, Lippincott Williams and Wilkins, Philadelphia.
- Bushong, S.C., 2013, *Radiologic Science for Technologist: Physics, Biology, and Protection*, Edisi Kesepuluh, Elsevier Mosby, Texas.
- Dewanti, W.M., Penentuan Nilai Tipikal pada Pemeriksaan CT-Scan bagian Head, Chest, dan Abdomen di RSUP Dr. M. Djamil Padang, *Skripsi*, Departemen Fisika, Universitas Andalas, Padang.
- Dewanti, W.M., Milvita, D., Fardela, R., dan Pratama, I.B.G.P., 2024, Analisis korelasi Usia, Massa Tubuh, Mas, dan dosis Efektif Terhadap CTDIvol dan DLP pada Pemeriksaan CT-Scan Pasien Dewasa, *Jurnal Fisika Unand*, Vol.13, No.4, hal 579-586.
- Duandini, E., Etika, E.A., Nurulita, S.F., dan Hidayanto, E., 2021, Analisis Perbandingan Diagnostic Reference Level (DRL) Modalitas CT Scan Sebagai Upaya optimisasi Proteksi dan Keselamatan Radiasi di Berbagai Negara, *Berkala Fisika*, Vol.24, No.3, hal 100–108.
- Ghozali, I., 2016, *Aplikasi Analisis Multivariate dengan Program IBM SPSS 23*, Edisi Kedelapan, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Ginting, V.S.B., Sutapa, G.N., Ratnawati, I.G.A.A., dan Widiana, I.K., 2023, Analisis Diagnostic Reference Level (DRL) Pasien pada Pemeriksaan Abdomen Kontras dan Non-kontras dengan Pesawat CT Scan di RSUD Bali Mandara, *Kopra Journal*, Vol.7, No.1, hal 165-169.
- Guilford, J.P., 1956, *fundamental Statistic in Psychology and Education*, Edisi Ketiga, Mc Graw-Hill Book Company, Inc, New York.

- IAEA, 2018, *Radiation Protection and Safety in Medical Uses of Ionizing Radiation, Specific Safety Guide No. SSG-46*, Vienna, Austria.
- ICRP, 2017, *Diagnostic Reference Levels in Medical Imaging Publication 135, Annals of the ICRP*, Sage, United Kingdom.
- Irsal, M., dan Winarto, G., 2020, Pengaruh Parameter Miliampere-Second (mAs) terhadap kualitas Citra dan Dosis Radiasi pada Pemeriksaan Computed Tomography (CT) Scan Kepala Pediatrik, *Jurnal Fisika Flux*, Vol.17, No.1, hal 1-8.
- Jannah, R., Munir, R., dan Putri, E.R., 2023, Determination of the Diagnostic Reference Level (DRL) in Samarinda Hospitals, *Atom Indonesia*, Vol.49, No.3, hal 145-150.
- Kristinayanti, N.K.D., Iffah, M., Jeniyanthi, N.P.R., dan Astina, K.Y., 2019, Analisis Pengaruh Scan Length terhadap Nilai Dose Length Product pada CT-Scan Multislice di RSUD Mangusada Badung, *Imaging Journal*, Vol.3, No.1, hal 13-18.
- Lampignano, J.P., dan Kendrick, L.E., 2018, *Textbook of Radiographic Positioning and Related Anatomy*, Ninth Edition, Elsevier, United states of America.
- Nuraeni, S.P., Aeni, A.R., dan Mufida, W., 2021, Pengaruh Perubahan Faktor Eksposi Terhadap Dosis Radiasi pada Pemeriksaan Multislice Computed Tomography, *Laporan Akhir Penelitian*, Universitas 'Aisyiyah, Yogyakarta.
- O'Neill, S., Kavanagh, R.G., Carey, B.W., Moore, N., Maher, M., dan O'Connoer, O.W., 2018, Using Body Mass Index to Estimate Individualised Patient Radiation Dose in Abdominal Computed Tomography, *European Radiology Experimental*, Vol.2, No.38, hal 1-8.
- Rosalina, L., Oktarina, R., Rahmiati, dan Saputra, I., 2023, *Buku Ajar Statistika*, MRI Publisher, Padang.
- Seeram, E., 2009, *Physics of Medical Imaging*, Willey-Blackwell, Inggris.
- Seeram, E., 2016, *Computed Tomography Physical Principle, Clinical Applications and Quality Control*, Edisi keempat, Elsevier, Australia.
- Silaen, S., 2018, *Metodologi Penelitian Sosial untuk Penulisan Skripsi dan Tesis*, Edisi Revisi, In Media, Bogor.

Siregar, E.S.B., Sutapa, G.N., dan Sudarsana, I.W.B., 2020, Analysis of Radiation Dose of Patients on *CT Scan* Examination using Si-INTAN Application, *Buletin Fisika*, Vol.21, No.2, hal 53-59.

BAPETEN, 2020, Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 4 Tahun 2020 Tentang Keselamatan Radiasi Pada Penggunaan Sinar-X Dalam Radiologi Diagnostik Dan Intervensional, <https://jdih.bapeten.go.id/id/dokumen/peraturan/peraturan-badan-pengawas-tenaga-nuklir-no-4-tahun-2020-tentang-keselamatan-radiasi-pada-penggunaan-pesawat-sinar-x-dalam-radiologi-diagnostik-dan-intervensional>, diakses Juli 2024.

BAPETEN, 2021, Pedoman Teknis Penerapan Tingkat Panduan Diagnostik Indonesia (*Indonesian Diagnostic Reference Level*), <https://www.bapeten.go.id/upload/53/821c8e0cf1-pedoman-penerapan-tingkat-panduan-diagnostik-indonesia2021.pdf>, diakses Juli 2024.

BAPETEN, 2021, Ringkasan Eksekutif Laporan Hasil Kajian *Diagnostic Reference Level* (DRL) Nasional, <https://cloud.bapeten.go.id/index.php/s/YHKcinnkgy7JxDR#pdfviewer>, diakses Juli 2024.

BAPETEN, 2021, Keputusan Kepala Badan Pengawas Nuklir Tentang Penerapan Nilai Tingkat Panduan Diagnostik (*Indonesian Diagnostic Reference Level*) Untuk Modalitas Sinar-X CT-Scan Dan Radiografi Umum, <https://jdih.bapeten.go.id/unggah/dokumen/peraturan/1056-full.pdf>, diakses Juli 2024.

Government UK, 2022, *Guidance National Diagnostic Reference Levels (NDRLs) from 13 October 2022*, <https://www.gov.uk/government/publications/diagnostic-radiology-national-diagnostic-reference-levels-ndrls/ndrl#national-drls-for-computed-tomography>, diakses Juli 2024.

HyperPhysics, *Bremsstrahlung X-rays*, <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/quantum/xrayc.html>, diakses Juli 2024.

Japan Network for Research and Information on Medical Exposure, 2020, *National Diagnostic Reference Levels in Japan*, https://ndrecovery.niph.go.jp/trustrad/images/DRL/DRL2020_Engver.pdf, diakses Juli 2024.

Ministry of Health Malaysia, 2013, Malaysian Diagnostic Reference Level in Medical Imaging (Radiology), <https://eprints.usm.my/52060/1/MOHD%20AMIR%20SYAHMI%20BIN%20MAT%20RAZALI.pdf>, diakses Juli 2024.

Pemerintah, 2023, Peraturan Pemerintah No. 45 Tahun 2023 tentang Keselamatan Radiasi Pengion dan Keamanan Sumber Radioaktif, <https://peraturan.bpk.go.id/Details/265188/pp-no-45-tahun-2023>, diakses Juli 2024.

Vaskotić, J., 2023, Adipose Tissue, <https://www.kenhub.com/en/library/anatomy/adipose-tissue>, diakses Juli 2024.



LAMPIRAN-LAMPIRAN

LAMPIRAN A Hasil Uji Kesesuaian *CT Scan*



FORM PERMOHONAN HASIL UJI

Data Permohonan LHU	
Nomor Registrasi	: 220358460
Data Pengujian	
Nama LUK	: PT. Famed Calibration
Tanggal Pengujian	: 01 November 2022
Nama Personil Berkualifikasi	: Narwan
Data Pemohon uji	
Nama Instansi	: RS Universitas Andalas
Alamat	: Kampus Universitas Andalas Jl. Limau Manis, Limau Manis
Data Pesawat	
Jenis Pesawat	: COMPUTED TOMOGRAPHY [CT - Scan]
Merek Tabung	: Philips
Model Tabung	: MRC880
Nomor Seri Tabung	: 142788
Lokasi Unit	: Ruang 5 Radiologi

Data Persyaratan	
Persyaratan	Isi Data
A. Generator dan panel Kendali Sinar-X	
1. Pabrikasi/Merk	Philips
2. Model/Tipe	Ingenuity CT
3. Nomor Seri	333138
4. Tahun Pembuatan	2016
5. Kapasitas Maksimum	140 kV,NA mAs,665 mA,NA s,
B. Wadah Tabung Sinar-X (Tube Housing)	
1. Pabrikasi/Merk	Philips
2. Model/Tipe	PHILIPS MRC 880
3. Nomor Seri	142788
4. Filter Bawaan/ <i>Inherent Filter</i>	1,1 mmAl
C. Data Scanner	
1. Matriks Rekonstruksi	512x512
2. Detektor	Solid
3. Spiral/Helical	Helical
4. Terkalibrasi	Ya
5. Pabrikasi/merk	Philips
6. Model/Tipe	Gantry Ingenuity CT
7. Nomor Seri	89590
D. Data Dukung	
1. Film Citra	ada
2. Data Mentah	ada

LAMPIRAN B Perizinan penelitian

B. 1 Perizinan penelitian rumah sakit



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ANDALAS
RUMAH SAKIT

Alamat: Kampus Unand Limau Manis Padang - 25163
Telp/PABX : (0751) 8465000, 8465001

Laman : www.rsp.unand.ac.id

e-mail : mail@rsp.unand.ac.id



Nomor : B/935/UN16.36/PK.01.06/2023

Padang, 21 November 2023

Lamp. :-

Hal : Izin Penelitian Tugas Akhir

Kepada Yth,
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Andalas
Di
Tempat

Dengan hormat,
Menjawab surat dari Saudara pada tanggal 10 November 2023 dengan nomor B/935/UN16.36/PT.01.04/2023 perihal Permohonan izin penelitian untuk tugas akhir (TA), maka dengan ini kami sampaikan pihak Rumah Sakit Universitas Andalas mengizinkan permohonan saudara untuk melakukan penelitian di Rumah Sakit Universitas Andalas dengan syarat mematuhi protokol kesehatan.

Adapun data mahasiswa yang akan melakukan penelitian sebagai berikut:

No	Nama Mahasiswa	NIM	Jurusan
1	Rani Delvihardini	2010442035	Mahasiswa Departemen Fisika Unand

Setelah melakukan penelitian harap memberikan laporan ke Bagian Diklit Rumah Sakit Universitas Andalas. Jika Ada pembiayaan yang dibebankan selama kegiatan penelitian, maka akan mengikuti peraturan yang ada di Rumah Sakit Universitas Andalas.

Demikianlah surat Balasan ini dibuat, atas perhatian dan kerjasamanya diucapkan terima kasih.

*Acc Penelitian
Tidak menggunakan
mengambil data
Alat, kanvas
lewat komputer
Acc*



Dr. dr. Fevri Zulfiqar, Sp. B-Sp.U (K), M.Kes
NIP. 197009062000031005

Tembusan:

1. Dekan Fakultas MIPA
2. Arsip



TERAKREDITASI
PARIPURNA
LAM-KPRS

B. 2 Peizinan kode etik



HEALTH RESEARCH ETHICS COMMITTEE
RSUP Dr. M. DJAMIL PADANG

KETERANGAN LOLOS KAJI ETIK
DESCRIPTION OF ETHICAL APPROVAL
"ETHICAL APPROVAL"

Nomor : DP.04.03/D.XVI.XI/613/2023

Protokol penelitian yang diusulkan oleh :
The research protocol proposed by

Peneliti utama : Rani Delvihadini
Principal In Investigator

: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Nama Institusi Universitas Andalas Padang

Name of the Institution

Dengan Judul :
Title

" Penentuan Nilai *Typical Value* pada Pemeriksaan *CT Head, Chest dan Abdomen* di Rumah Sakit Universitas Andalas Padang "

Dinyatakan layak etik sesuai 7 (tujuh) Standar WHO 2011, yaitu 1) Nilai Sosial, 2) Nilai Ilmiah, 3) Pemerataan Beban dan Manfaat, 4) Risiko, 5) Bujukan/Eksploitasi, 6) Kerahasiaan dan Privacy, dan 7) Persetujuan Setelah Penjelasan, yang merujuk pada Pedoman CIOMS 2016. Hal ini seperti yang ditunjukkan oleh terpenuhinya indikator setiap standar.

Declared to be ethically appropriate in accordance to 7 (seven) WHO 2011 Standards, 1) Social Values, 2) Scientific Values, 3) Equitable Assessment and Benefits, 4) Risks, 5) Persuasion/Exploitation, 6) Confidentiality and Privacy, and 7) Informed Consent, referring to the 2016 CIOMS Guidelines. This is as indicated by the fulfillment of the indicators of each standard.

Pernyataan Laik Etik ini berlaku selama kurun waktu Desember 2023 sampai dengan Desember 2024

This declaration of ethics applies during the period December 2023 until December 2024

Padang, 13 Desember 2023



Dr. dr. Oah Anum, SpKK(K), FINSDV FAADV
NIP. 196811262008012014

LAMPIRAN C Perhitungan nilai dosis tipikal setiap pemeriksaan

C. 1 Pemeriksaan *CT Scan head* non-kontras

no	Kv	mAs	CTDIVOL								
1	120	202	26	48	120	444	57,3	96	120	819	106
2	120	221	28,7	49	120	445	57,4	97	120	820	106
3	120	227	29,5	50	120	445	57,8	98	120	816	106
4	120	232	29,8	51	120	477	61,8	99	120	820	106
5	120	234	30,2	52	120	488	63	100	120	829	107
6	120	237	30,5	53	120	497	64,3	101	120	827	107
7	120	239	30,9	54	120	498	64,8	102	120	831	108
8	120	239	31	55	120	503	65,3	103	120	832	108
9	120	243	31,3	56	120	505	65,5	104	120	837	109
10	120	243	31,4	57	120	508	65,8	105	120	859	112
11	120	246	31,8	58	120	520	67,4	106	120	871	113
12	120	247	31,9	59	120	523	67,8	107	120	898	116
13	120	247	32,1	60	120	535	69,3	108	120	904	117
14	120	247	32,2	61	120	546	70,9	109	120	924	120
15	120	247	32,2	62	120	551	71,1	110	120	951	123
16	120	250	32,4	63	120	573	74,2	111	120	948	123
17	120	251	32,6	64	120	572	74,3	112	120	956	124
18	120	252	32,7	65	120	573	74,6	113	120	951	124
19	120	253	32,8	66	120	577	74,8	114	120	960	125
20	120	255	32,8	67	120	578	74,9				
21	120	254	32,9	68	120	579	75,2				
22	120	256	33,2	69	120	589	76,5				
23	120	258	33,3	70	120	595	77,2				
24	120	258	33,4	71	120	601	77,8				
25	120	260	33,5	72	120	627	81,5				
26	120	265	34,2	73	120	640	83,2				
27	120	269	34,8	74	120	648	83,8				
28	120	276	35,8	75	120	653	84,4				
29	120	279	35,9	76	120	660	85,8				
30	120	281	36,4	77	120	697	90,5				
31	120	281	36,4	78	120	699	90,8				
32	120	313	40,6	79	120	706	91,3				
33	120	315	40,8	80	120	705	91,5				
34	120	330	42,4	81	120	704	91,5				
35	120	332	42,9	82	120	707	91,8				
36	120	346	44,9	83	120	718	93				
37	120	354	45,8	84	120	718	93,3				
38	120	357	46,1	85	120	719	93,4				
39	120	359	46,4	86	120	737	95,2				
40	120	366	47,1	87	120	747	96,5				
41	120	368	47,7	88	120	747	96,9				
42	120	394	50,9	89	120	754	97,5				
43	120	351	52,7	90	120	756	98,3				
44	120	351	52,7	91	120	759	98,6				
45	120	351	52,7	92	120	774	100				
46	120	411	53,4	93	120	797	103				
47	120	434	56,4	94	120	805	105				
				95	120	809	105				

no	Kv	mAs	DLP								
1	120	351	581,5	48	120	434	1645,3	96	120	756	3204,2
2	120	243	641,6	49	120	444	1707,8	97	120	754	3249,7
3	120	234	690,7	50	120	477	1759,2	98	120	829	3267,4
4	120	221	706,7	51	120	488	1815,4	99	120	904	3288,2
5	120	227	715,9	52	120	445	1905,9	100	120	827	3293
6	120	246	721,2	53	120	505	1910,6	101	120	832	3369,8
7	120	237	741,8	54	120	498	1939,8	102	120	924	3432,7
8	120	202	742	55	120	523	1957,5	103	120	820	3433,7
9	120	258	749,8	56	120	535	1966,2	104	120	898	3433,1
10	120	351	764,1	57	120	503	2011,8	105	120	816	3443,7
11	120	239	775,5	58	120	573	2027,4	106	120	859	3461,8
12	120	232	781,4	59	120	497	2051,7	107	120	820	3479,8
13	120	256	783,9	60	120	508	2119,6	108	120	956	3610,1
14	120	239	784,1	61	120	577	2132,7	109	120	805	3615,9
15	120	260	785,2	62	120	546	2148,7	110	120	871	3796,7
16	120	243	785,4	63	120	578	2181,1	111	120	960	3842,6
17	120	247	787,7	64	120	579	2193,7	112	120	951	3869,1
18	120	247	789,3	65	120	572	2226,5	113	120	948	4053,8
19	120	252	797,1	66	120	551	2231,7	114	120	951	4067
20	120	351	807,9	67	120	520	2248,6				
21	120	255	813,8	68	120	601	2288,6				
22	120	265	816,2	69	120	627	2312,5				
23	120	247	819,9	70	120	595	2330,5				
24	120	250	825	71	120	573	2335,9				
25	120	247	825,3	72	120	648	2493,5				
26	120	251	826,9	73	120	589	2543,8				
27	120	258	835	74	120	653	2561,4				
28	120	281	880,9	75	120	640	2708,7				
29	120	254	893,6	76	120	737	2732,4				
30	120	253	896,5	77	120	706	2739,8				
31	120	281	904,8	78	120	699	2746,3				
32	120	276	911,1	79	120	707	2749,2				
33	120	279	991,2	80	120	704	2749,5				
34	120	445	1022,4	81	120	747	2762,7				
35	120	269	1061,6	82	120	705	2799,8				
36	120	330	1165,5	83	120	718	2841,8				
37	120	315	1203,1	84	120	660	2853,6				
38	120	357	1205,6	85	120	774	2857,4				
39	120	346	1227,1	86	120	718	2857,9				
40	120	313	1251,4	87	120	697	2873,4				
41	120	332	1303,1	88	120	759	2917,4				
42	120	359	1352,2	89	120	719	2942,8				
43	120	366	1369,6	90	120	747	2964,5				
44	120	394	1419,6	91	120	837	3014,9				
45	120	354	1427,4	92	120	797	3036,5				
46	120	368	1429,8	93	120	819	3085,7				
47	120	411	1585,4	94	120	809	3168,6				
				95	120	831	3184,8				

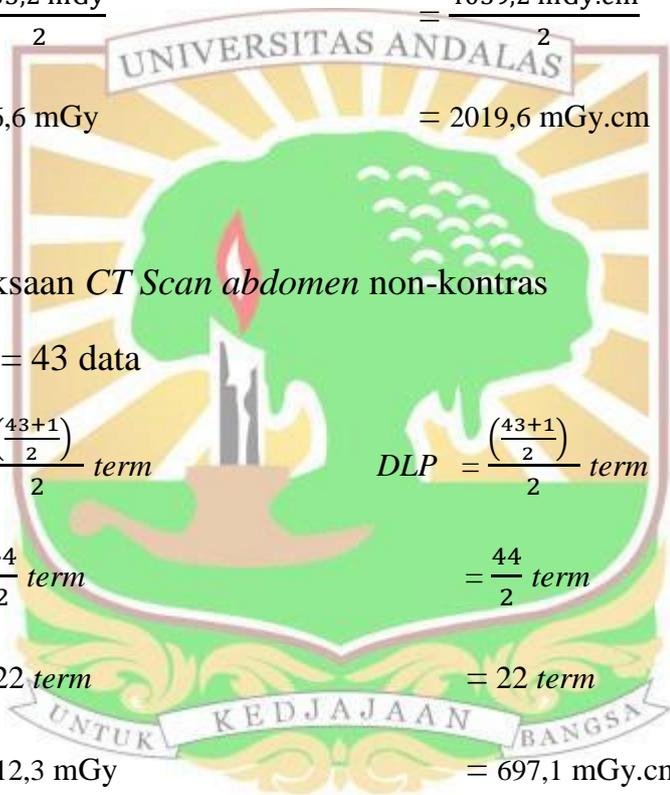
Jumlah data = 114 data

$$\begin{aligned}
 CTDI_{vol} &= \frac{\left(\frac{114}{2}\right) \text{ term} + \left(\frac{114}{2} + 1\right) \text{ term}}{2} & DLP &= \frac{\left(\frac{114}{2}\right) \text{ term} + \left(\frac{114}{2} + 1\right) \text{ term}}{2} \\
 &= \frac{57 \text{ term} + 58 \text{ term}}{2} & &= \frac{57 \text{ term} + 58 \text{ term}}{2} \\
 &= \frac{65,8 \text{ mGy} + 67,4 \text{ mGy}}{2} & &= \frac{2011,8 \text{ mGy.cm} + 2027,4 \text{ mGy.cm}}{2} \\
 &= \frac{133,2 \text{ mGy}}{2} & &= \frac{4039,2 \text{ mGy.cm}}{2} \\
 &= 66,6 \text{ mGy} & &= 2019,6 \text{ mGy.cm}
 \end{aligned}$$

C. 2 Pemeriksaan *CT Scan abdomen non-kontras*

Jumlah data = 43 data

$$\begin{aligned}
 CTDI_{vol} &= \frac{\left(\frac{43+1}{2}\right) \text{ term}}{2} & DLP &= \frac{\left(\frac{43+1}{2}\right) \text{ term}}{2} \\
 &= \frac{44}{2} \text{ term} & &= \frac{44}{2} \text{ term} \\
 &= 22 \text{ term} & &= 22 \text{ term} \\
 &= 12,3 \text{ mGy} & &= 697,1 \text{ mGy.cm}
 \end{aligned}$$



no	Kv	mAs	CTDIVOL
1	120	126	8,2
2	120	128	8,4
3	120	129	8,4
4	120	133	8,7
5	120	139	9
6	120	149	9,8
7	120	150	9,8
8	120	150	9,9
9	120	154	10
10	120	153	10
11	120	158	10,3
12	120	160	10,4
13	120	166	10,9
14	120	169	11
15	120	170	11,1
16	120	170	11,2
17	120	179	11,6
18	120	181	11,9
19	120	182	11,9
20	120	182	12
21	120	187	12,3
22	120	187	12,3
23	120	195	12,7
24	120	195	12,9
25	120	200	13,2
26	120	206	13,5
27	120	207	13,6
28	120	210	13,8
29	120	213	14
30	120	216	14
31	120	215	14,1
32	120	219	14,4
33	120	219	14,4
34	120	225	14,5
35	120	277	14,5
36	120	223	14,6
37	120	233	15,2
38	120	234	15,2
39	120	247	16,4
40	120	295	19,3
41	120	309	20,3
42	120	306	20,3
43	120	371	24,3

no	Kv	mAs	DLP
1	120	149	389,8
2	120	126	413,1
3	120	128	439,4
4	120	129	453,6
5	120	133	475,4
6	120	139	529,8
7	120	160	533,9
8	120	153	540,7
9	120	169	542,7
10	120	150	559,1
11	120	150	563,4
12	120	215	569,6
13	120	170	578,1
14	120	179	591,7
15	120	170	599,7
16	120	154	606,8
17	120	158	609,6
18	120	166	651,9
19	120	182	655,6
20	120	213	678
21	120	181	696,2
22	120	195	697,1
23	120	187	698,3
24	120	195	700,7
25	120	210	726,9
26	120	219	730,2
27	120	187	736,1
28	120	200	743,2
29	120	206	743,2
30	120	182	756,4
31	120	207	764,5
32	120	225	776,8
33	120	216	779,5
34	120	219	793,6
35	120	277	827,4
36	120	234	852,5
37	120	233	864,6
38	120	223	887,1
39	120	247	888,8
40	120	371	982,4
41	120	309	1018,5
42	120	295	1107,7
43	120	306	1201,3

C. 3 Pemeriksaan *CT Scan abdomen* kontras

no	total sequence	Kv	mAs	CTDIVOL					
					36	4	120	196, 206, 206, 207	13,1
1	2	120	120, 116	7,7	37	2	120	203, 206	13,35
2	2	120	123, 123	8,05	38	2	120	205, 202	13,4
3	2	120	123, 124	8,1	39	2	120	199, 207	13,4
			127, 126,		40	2	120	204, 209	13,55
4	4	120	126, 126	8,25				213, 204,	
5	2	120	133, 138	8,85	41	3	120	203	13,6
			137, 138,		42	2	120	203, 208	13,6
6	3	120	138	8,9	43	2	120	201, 213	13,65
7	2	120	140, 144	9,3	44	2	120	205, 214	13,65
			163, 161,		45	2	120	201, 218	13,75
8	3	120	161	10,63	46	2	120	205, 228	14,05
			161, 168,		47	2	120	217, 222	14,35
9	3	120	168	10,75	48	2	120	209, 230	14,4
			164, 166,					201, 165,	
10	3	120	166	10,75	49	3	120	165	15,1
11	2	120	164, 165	10,8	50	2	120	225, 243	15,35
			160, 169,					242, 242,	
12	3	120	169	10,8	51	3	120	243	16
			160, 171,					247, 264,	
13	3	120	170	10,85	52	3	120	265	16,75
			167, 167,		53	2	120	280, 306	19,35
14	3	120	167	10,9				333, 328,	
15	2	120	168, 168	11	54	3	120	329	21,65
16	2	120	170, 172	11,15	55	2	120	443, 430	28,85
			169, 196,						
17	3	120	171	11,2					
			177, 168,						
18	3	120	169	11,35					
19	2	120	172, 175	11,35					
20	2	120	173, 181	11,6					
			178, 178,						
21	3	120	178	11,7					
22	2	120	177, 182	11,7					
23	2	120	181, 181	11,8					
			182, 180,						
24	3	120	180	11,8					
25	2	120	180, 181	11,8					
26	2	120	196, 168	11,95					
27	2	120	182, 184	12,15					
28	2	120	181, 187	12,15					
29	2	120	185, 187	12,25					
			189, 191,						
30	3	120	191	12,4					
31	2	120	184, 193	12,45					
			194, 191,						
32	3	120	191	12,6					
33	2	120	191, 197	12,65					
34	2	120	204, 192	12,95					
			199, 199,						
35	3	120	199	13,1					

no	total sequence	Kv	mAs	DLP					
1	2	120	120, 116	836,2	42	3	120	191	
2	2	120	123, 123	841,5				163, 161,	2076,4
3	2	120	123, 124	846,3	43	3	120	161	
4	2	120	140, 144	878,2				199, 199,	2088,1
5	2	120	133, 138	1009,2	44	3	120	199	
6	2	120	177, 182	1117,1				182, 180,	2360,7
7	2	120	170, 172	1175,7	45	3	120	180	
8	2	120	182, 184	1183,9				213, 204,	2363,9
9	2	120	164, 165	1196,4	46	3	120	203	
10	2	120	173, 181	1206,9				167, 167,	2425,7
11	2	120	168, 168	1213,9	47	3	120	178, 178,	2472,4
12	2	120	181, 187	1234,7				178	
13	2	120	184, 193	1241,3	48	3	120	247, 264,	2583,3
14	2	120	180, 181	1258,7				265	
15	2	120	199, 207	1330,5	49	3	120	201, 165,	2626,3
16	2	120	181, 181	1353,8				165	
17	2	120	172, 175	1358	50	4	120	127, 126,	2952,5
18	2	120	185, 187	1365,2				126, 126	
19	2	120	196, 168	1376,3	51	3	120	169, 196,	3067,5
20	2	120	201, 218	1396,7	52	2	120	171	3174,8
21	2	120	201, 213	1409,3				443, 430	
22	2	120	203, 208	1427,4	53	3	120	333, 328,	3657,6
23	2	120	191, 197	1462,4				329	
24	2	120	203, 206	1480,4	54	4	120	196, 206,	4390,9
25	2	120	204, 209	1493,9				206, 207	
26	2	120	205, 214	1498,6				242, 242,	
27	2	120	204, 192	1501,5	55	3	120	243	4516,2
28	2	120	205, 228	1560,7					
29	2	120	205, 202	1561,4					
30	2	120	209, 230	1629,2					
31	2	120	217, 222	1641,7					
32	2	120	225, 243	1719,9					
33	3	120	177, 168, 169	1778					
34	3	120	160, 169, 169	1781,3					
35	3	120	160, 171, 170	1790,3					
36	3	120	164, 166, 166	1834,5					
37	3	120	137, 138, 138	1865,1					
38	3	120	161, 168, 168	1870,2					
39	3	120	194, 191, 191	1916,2					
40	2	120	280, 306	1977,1					
41	3	120	189, 191,	2072,6					

Jumlah data = 55 data

$$CTDI_{vol} = \frac{\left(\frac{55+1}{2}\right)}{2} \text{ term}$$

$$= \frac{56}{2} \text{ term}$$

$$= 28 \text{ term}$$

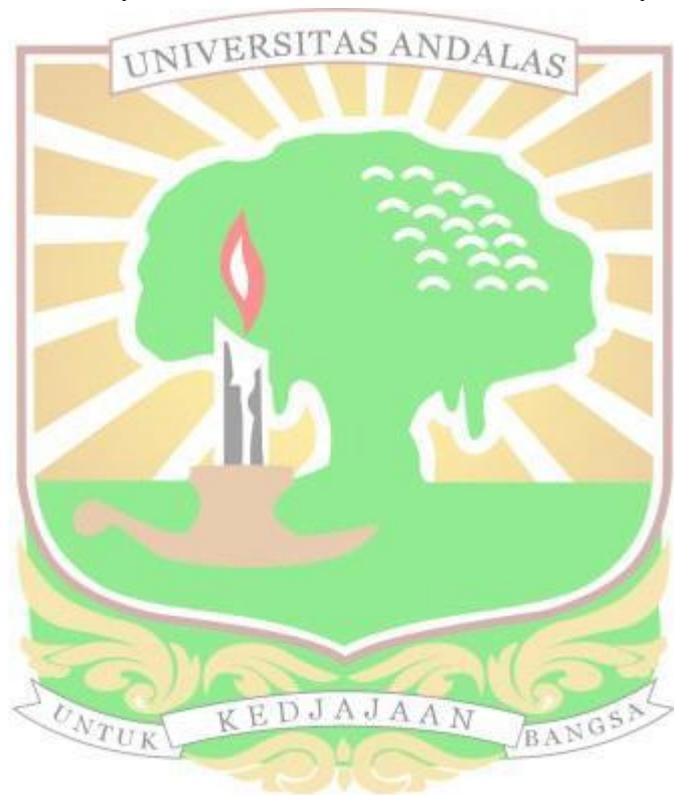
$$= 12,15 \text{ mGy}$$

$$DLP = \frac{\left(\frac{55+1}{2}\right)}{2} \text{ term}$$

$$= \frac{56}{2} \text{ term}$$

$$= 28 \text{ term}$$

$$= 1560,7 \text{ mGy.cm}$$



LAMPIRAN D TPD regional Sumatera



Tabel 1. Profil TPD Regional CT Scan pada besaran $CTDI_{vol}$ (mGy)

Jenis Pemeriksaan	Kontras (Y/N)	Q1	Regional					TPD Nasional
			Bali dan Nusa Tenggara	Jawa	Kalimantan	Sulawesi	Sumatera	
CT Urologi	N	8,1	16,4	15,3	-	-	17,2	17
CT Head	N	38,0	60,8	57,9	57,0	58,7	61,8	60
	Y	36,1	38,0	59,0	51,5	66,0	70,7	60
CT Neck	Y	15,0	-	45,5	56,0	-	49,0	50
CT Abdomen	N	6,9	-	16,1	20,2	15,3	15,2	17
	Y	8,5	16,4	17,5	-	-	19,3	20
CT Abdopelvis	N	7,3	-	16,5	6,9	14,6	18,8	17
	Y	9,9	8,2	14,9	17,0	-	14,5	16
CT Cardiac Studies	Y	16,4	-	45,9	15,8	47,4	-	47
CT Chest	N	4,5	13,6	10,2	-	6,7	11,9	11
	Y	5,8	16,1	16,1	10,0	-	12,8	16

Keterangan:

- Q1 adalah nilai minimal/terkecil dari seluruh data
- Wilayah Maluku dan Papua tidak ada data
- Warna merah menunjukkan nilai yang melebihi TPD Nasional, warna biru menunjukkan nilai yang lebih kecil dari nilai minimal.

Tabel 2. Profil TPD Regional CT Scan pada besaran DLP (mGy.cm)

Jenis Pemeriksaan	Kontras (Y/N)	Q1	Regional					TPD Nasional
			Bali dan Nusa Tenggara	Jawa	Kalimantan	Sulawesi	Sumatera	
CT Urologi	N	393	898	770	-	-	739	830
CT Head	N	764	1507	1200	1187	1289	1317	1275
	Y	1050	1398	2354	4977	1302	1984	2500
CT Neck	Y	742	-	981	3975	-	1629	2600
CT Abdomen	N	367	-	851	3471	690	980	885
	Y	862	2960	1391	-	-	1197	1360
CT Abdopelvis	N	438	-	849	639	623	961	885
	Y	764	395	1811	1607	-	941	1775
CT Cardiac Studies	Y	605	-	1081	1087	-	1482	1200
CT Chest	N	179	671	388	-	239	560	
	Y	382	1826	729	747	-	860	

Keterangan:

- Q1 adalah nilai minimal/terkecil dari seluruh data
- Wilayah Maluku dan Papua tidak ada data
- Warna merah menunjukkan nilai yang melebihi TPD Nasional, warna biru menunjukkan yang lebih kecil dari nilai minimal.



LAMPIRAN E TPD Nasional



KEPALA BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR REPUBLIK INDONESIA

KEPUTUSAN KEPALA BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR

NOMOR: 1211/K/V/2021

TENTANG

PENETAPAN NILAI TINGKAT PANDUAN DIAGNOSTIK INDONESIA
(*INDONESIAN DIAGNOSTIC REFERENCE LEVEL*) UNTUK MODALITAS
SINAR-X CT SCAN DAN RADIOGRAFI UMUM

DENGAN RAHMAT TUHAN YANG MAHA ESA

KEPALA BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR,

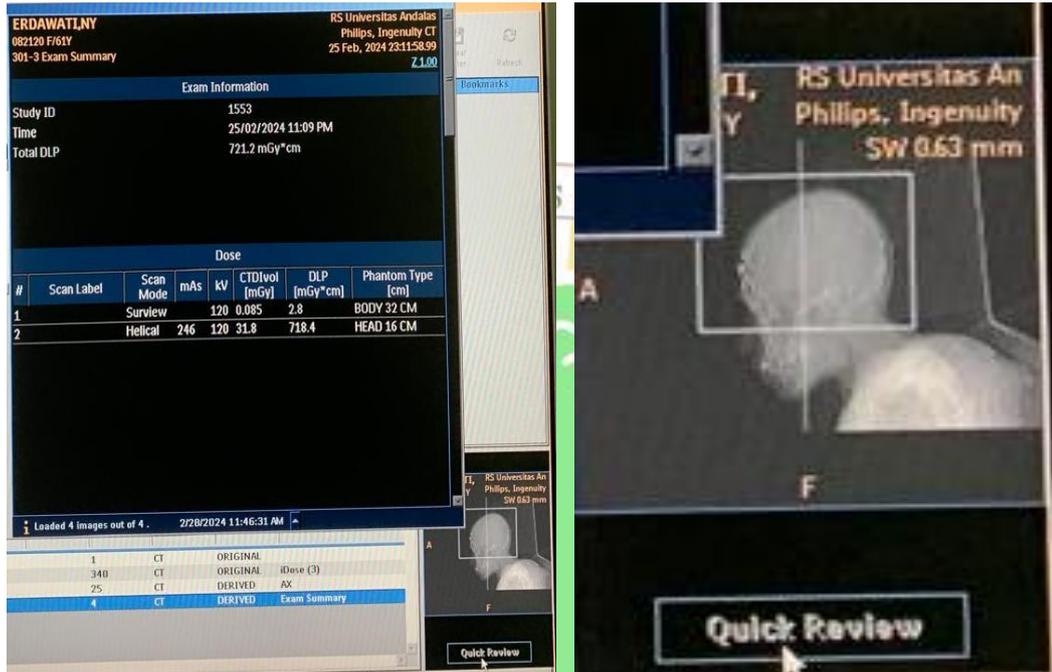
Jenis Pemeriksaan	CTDIvol (mGy) *	DLP (mGy.cm) **
CT Abdomen Kontras	20	1360
CT Abdomen Nonkontras	17	885
CT Abdo Pelvis Kontras	16	1775
CT Abdo Pelvis Nonkontras	17	885
CT Cardiac Studies Kontras	47	1200
CT Chest Kontras	16	810
CT Chest Nonkontras	11	430
CT Head Kontras	60	2500
CT Head Nonkontras	60	1275
CT Neck Kontras	50	2600
CT Urologi Nonkontras	17	830

Keterangan:

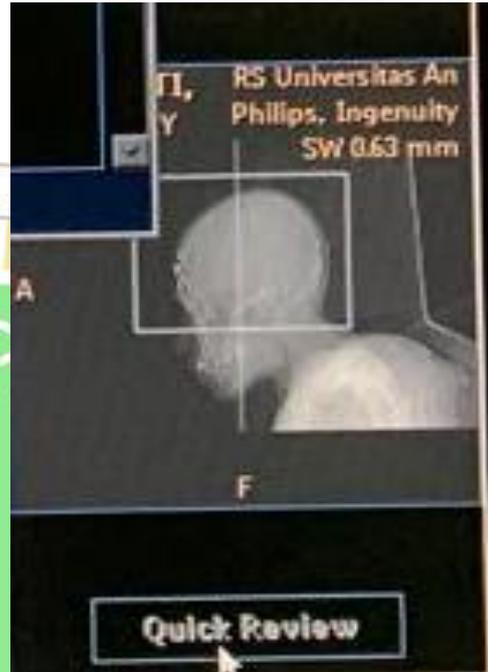
- Nilai di atas untuk kelompok usia di atas 15 tahun;
- * Nilai CTDIvol merupakan rerata dari serial pemindaian setiap pasien; dan
- ** Nilai DLP merupakan total nilai DLP dari serial pemindaian setiap pasien.

LAMPIRAN F Jumlah *sequence* dan panjang pemindaian pada pemeriksaan *CT Scan* bagian *head* non-kontras, *chest* non-kontras, *abdomen* non-kontras dan *abdomen* kontras

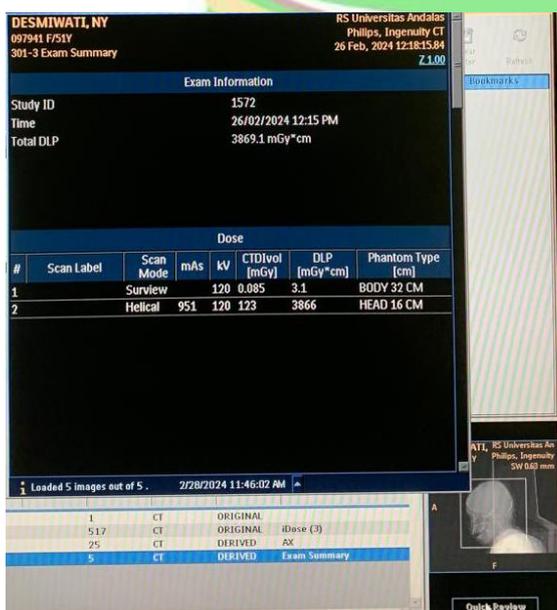
F. 1 Pemeriksaan *CT-Scan head* non-kontras



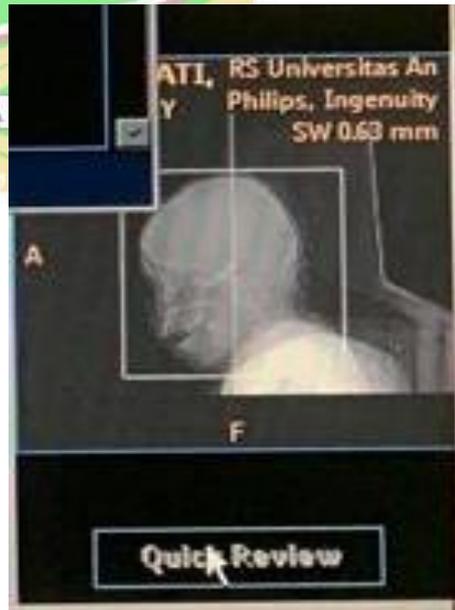
(a)



(b)



(c)



(d)

Keterangan gambar:

(a) = Pemeriksaan *CT Scan head* non-kontras pasien 1

(b) = Perbesaran panjang pemindaian gambar (a), pemeriksaan dilakukan pada bagian otak saja

(c) = Pemeriksaan *CT Scan head* non-kontras pasien 2

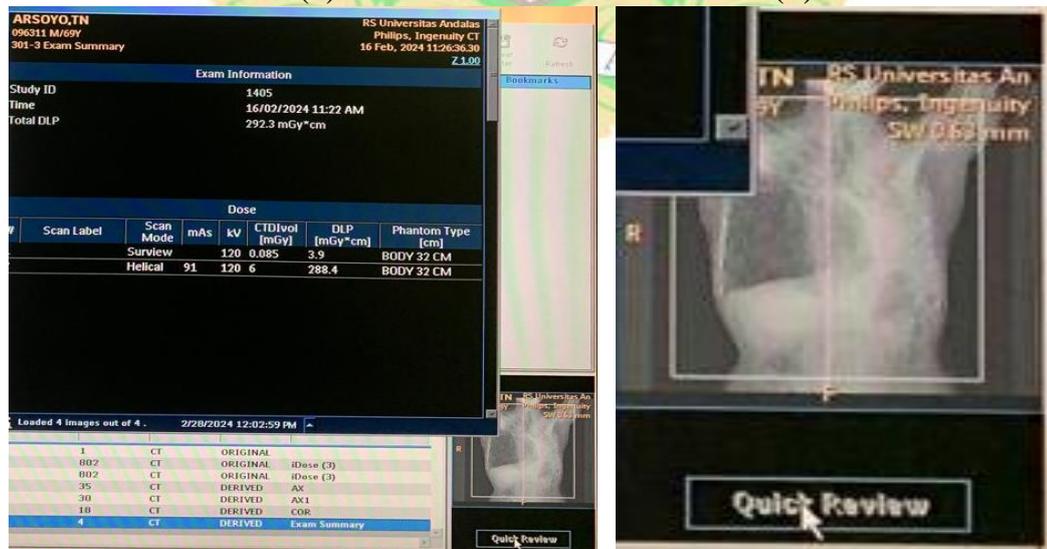
(d) = Perbesaran panjang pemindaian gambar (c), pemeriksaan dilakukan hingga rahang bawah

F. 2 Pemeriksaan *CT-Scan chest* non-kontras



(a)

(b)



(c)

(d)

Keterangan gambar:

(a) = Pemeriksaan *CT Scan chest* non-kontras pasien 1

(b) = Perbesaran panjang pemindaian gambar (a), pemeriksaan dilakukan hingga mengenai bagian setengah *abdomen* (rongga perut)

(c) = Pemeriksaan *CT Scan chest* non-kontras pasien 2

(d) = Perbesaran panjang pemindaian gambar (c), pemeriksaan dilakukan hingga bagian *abdomen* (rongga perut)

F. 3 Pemeriksaan *CT-Scan abdomen* non-kontras



(a)

(b)

Keterangan gambar:

(a) = Pemeriksaan *CT Scan abdomen* non-kontras pasien 1

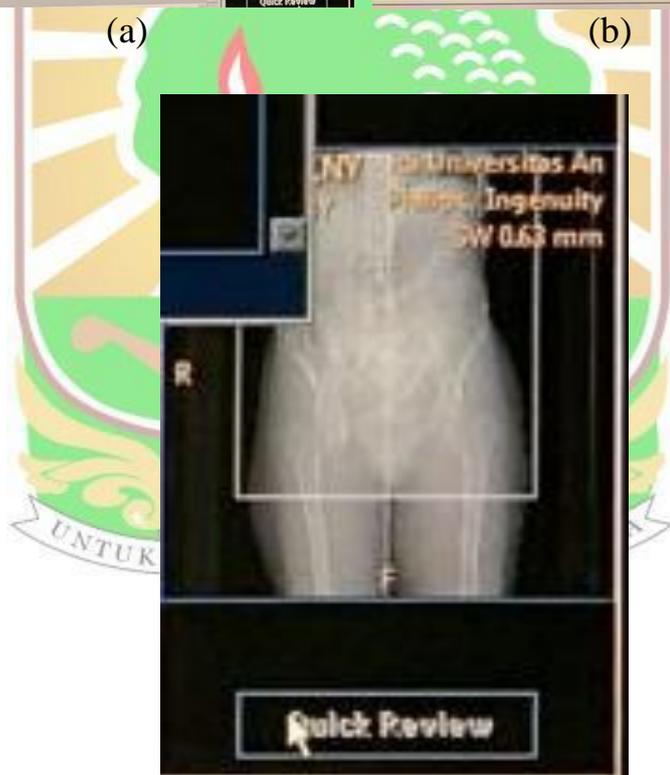
(b) = Perbesaran panjang pemindaian gambar (a)

F. 4 Pemeriksaan CT-Scan abdomen kontras 2 fase



(a)

(b)



(c)

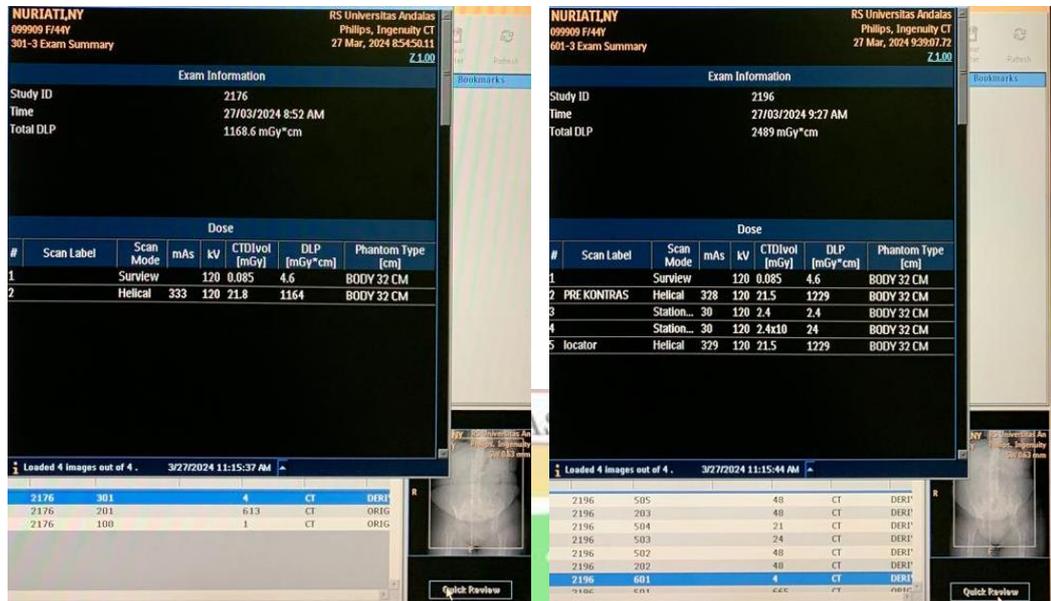
Keterangan gambar:

(a) = Pemeriksaan CT Scan abdomen kontras sequence 1 (pasien 1)

(b) = Pemeriksaan CT Scan abdomen kontras sequence 2 (pasien 1)

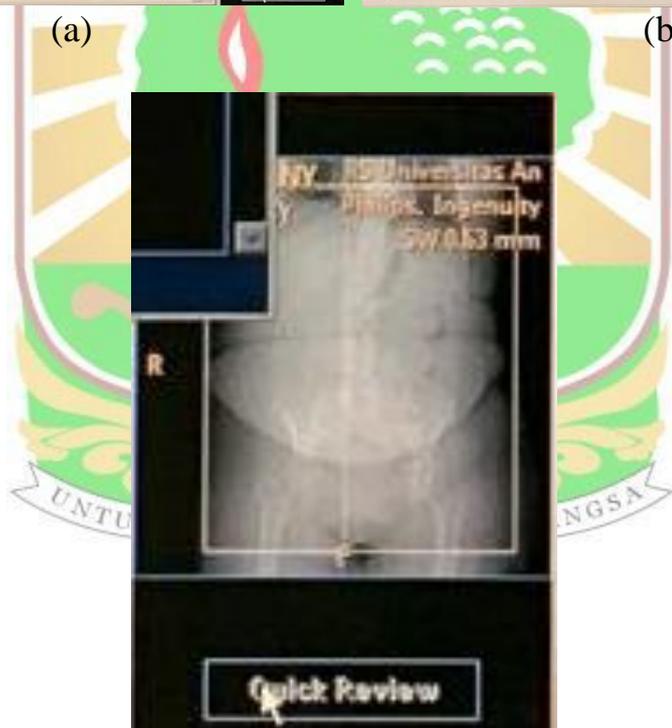
(c) = Perbesaran panjang pemindaian gambar (a) dan (b)

F. 5 Pemeriksaan CT-Scan abdomen kontras 3 fase



(a)

(b)



(c)

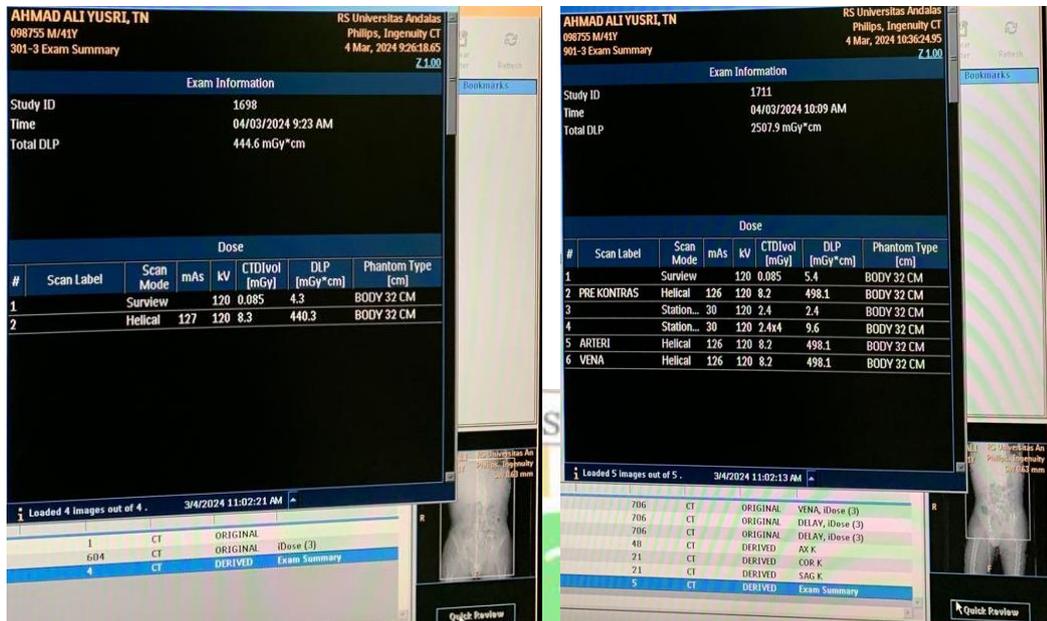
Keterangan gambar:

(a) = Pemeriksaan CT Scan abdomen kontras *sequence 1* (pasien 1)

(b) = Pemeriksaan CT Scan abdomen kontras *sequence 2* dan *3* (pasien 1)

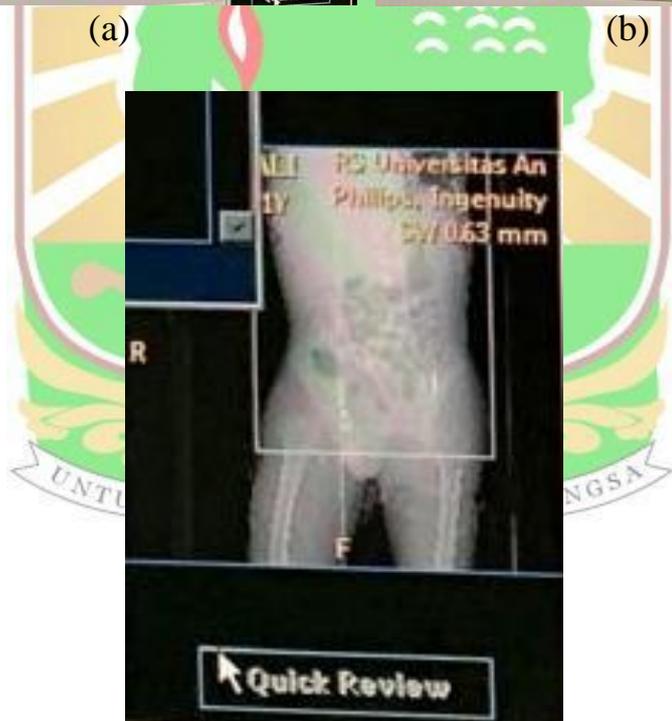
(c) = Perbesaran panjang pemindaian gambar (a) dan (b)

F. 6 Pemeriksaan CT-Scan abdomen kontras 4 fase



(a)

(b)



(c)

Keterangan gambar:

(a) = Pemeriksaan CT Scan abdomen kontras *sequence* 1 (pasien 1)

(b) = Pemeriksaan CT Scan abdomen kontras *sequence* 2,3 dan 4 (pasien 1)

(c) = Perbesaran panjang pemindaian gambar (a) dan (b)

LAMPIRAN G TPD beberapa negara

G.1 TPD negara Jepang

Protocol	CTDI _{vol} [mGy]	DLP [mGy· cm]
Routine brain	77	1350
Routine chest	13	510
Chest to pelvis	16	1200
Abdomen and pelvis	18	880
Liver, multi-phase	17	2100
Coronary CTA	66	1300
Acute pulmonary thromboembolism and deep vein thrombosis	14	2600
Whole body CT for trauma	n/a	5800

G.2 TPD negara United Kingdom

Examination	Clinical Indication	Scan region / technique	CTDI _{vol} per sequence (mGy)	DLP per complete examination (mGy cm)
Head ^[footnote 1]	Acute stroke	All sequences	47	790
Paranasal sinuses ^[footnote 1]	Sinus disease	All sequences	12	160
Cervical spine ^[footnote 1]	Fracture	All sequences	16	400
Neck, chest, abdomen and pelvis ^[footnote 1]	Cancer	All sequences		850
Chest ^[footnote 1]	Lung cancer	All sequences	8.5	290
Chest and Abdomen ^[footnote 1]	Lung cancer	All sequences		470

Chest – high resolution ^[footnote 1]	Interstitial lung disease	Helical	8	300
Chest-abdomen-pelvis ^[footnote 1]	Cancer	All sequences		660
CT Pulmonary Angiography (CTPA) ^[footnote 1]	Pulmonary embolism	All sequences	9.1	310
Abdomen and pelvis ^[footnote 1]	Abscess	All sequences	10	530
Virtual colonoscopy ^[footnote 1]	Polyps/Tumour	All sequences		690
Kidneys-ureters-bladder ^[footnote 1]	Stones/Colic	All sequences	6.3	290
Urogram ^[footnote 1]	Tumour/Stones/Colic	All sequences		890

Activate Windows
Go to Settings to activate

G.3 TPD negara Malaysia

Examination Type	CTDI _w (mGy)	DLP (mGy.cm)
Abdomen	12.8	450
Brain	46.8	1050
Cardiac	11.8	870
Chest	19.9	600
Pelvis	39.1	730
Spine/Musculo-skeletal	16.3	390
Thorax	21.3	420
Others	12.3	380

LAMPIRAN H Dokumentasi pendataan data pemeriksaan dan data dosis pasien serta diskusi dan wawancara dengan radiografer



(a)



(b)



(c)

Keterangan gambar:

- (a) = Pengumpulan data pasien dan data dosis radiasi pasien
- (b) = Pengukuran berat badan pasien
- (c) = diskusi dan wawancara bersama radiografer dan fisikawan medis

