EVALUASI NILAI $CTDI_{vol}$, DLP, DAN ESTIMASI DOSIS EFEKTIF PADA PEMERIKSAAN CT SCAN KEPALA NONKONTRAS DAN CT SCAN KEPALA ORBITA KONTRAS

SIAU ING
H1021221033

SKRIPSI

PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2026

EVALUASI NILAI $CTDI_{vol}$, DLP, DAN ESTIMASI DOSIS EFEKTIF PADA PEMERIKSAAN CT SCAN KEPALA NONKONTRAS DAN CT SCAN KEPALA ORBITA KONTRAS

SIAU ING
H1021221033

Skripsi
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains pada Program Studi Fisika

PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2026

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Tugas Akhir	: Evaluasi Nilai $CTDI_{vol}$, DLP, dan Estimasi Dosis Efektif Pada Pemeriksaan CT Scan Kepala Nonkontras dan CT Scan Kepala Orbita Kontras
Nama Mahasiswa	: Siau Ing
NIM	: H1021221033
Jurusan/Program Studi	: Fisika/Fisika
Tanggal Lulus	: 29 Juli 2026
SK Pembimbing	: No.3957/UN22.8/DT.00.09.2026/Tanggal 9 Juli 2026
SK Penguji	: No.4826/DST/UN22.8/DT.00.09/2026/Tanggal 27 Juli 2026

Dosen Pembimbing

Pembimbing I	Pembimbing II
Dr. Bintoro Siswo Nugroho, S.Si., M.Si	Ahmas Sudin, S.Si
NIP 198102062006041003	NIP 199006162015041002

Dosen Penguji

Ketua Penguji	Anggota Penguji
Dr. Nurhasanah, S.Si., M.Si	Mega Nurhanisa, S.Si., M.Si
NIP 198011252006042002	NIP 198801192024212001

Pimpinan Sidang (merangkap anggota penguji)	Sekretaris Sidang (merangkap anggota penguji)
Dr. Bintoro Siswo Nugroho, S.Si., M.Si	Ahmas Sudin, S.Si
NIP 198102062006041003	NIP 199006162015041002

Mengesahkan
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Tanjungpura

Prof. Dr. Gusrizal, S.Si., M.Si
NIP 197108022000031001

PERNYATAAN INTEGRITAS AKADEMIK

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	: Siau Ing
NIM	: H1021221033
Program Studi/ Jurusan	: Fisika/Fisika
Fakultas	: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

dengan ini menyatakan bahwa dokumen ilmiah Tugas Akhir yang disajikan ini tidak mengandung unsur pelanggaran integritas akademik sesuai Peraturan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, Dan Teknologi Republik Indonesia Nomor 39 Tahun 2021. Apabila di kemudian hari dokumen ilmiah Tugas Akhir ini mengandung unsur pelanggaran integritas akademik sesuai ketentuan perundangan tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi hukum yang berlaku.

Demikian pernyatan ini untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Pontianak, 29 Juli 2026



Siau Ing
H1021221033

Evaluasi Nilai $CTDI_{vol}$, DLP, dan Estimasi Dosis Efektif Pada Pemeriksaan CT Scan Kepala Nonkontras dan CT Scan Kepala Orbita Kontras

Abstrak

CT (*Computed tomography*) merupakan teknik pencitraan yang menghasilkan irisan gambar dari struktur anatomi, sehingga dapat membantu memperjelas dan meningkatkan ketepatan diagnosis. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis nilai rata-rata *Dose length product* (DLP) dan estimasi dosis efektif pada pemeriksaan CT scan kepala nonkontras dan CT scan kepala orbita kontras di RS Universitas Tanjungpura, serta mengevaluasi perbedaan nilai dosis di antara kedua protokol tersebut dengan menggunakan uji normalitas (*Shapiro-Wilk*), dan uji *t independen*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai rata-rata $CTDI_{vol}$ dan DLP pada pemeriksaan CT scan kepala nonkontras yaitu sebesar 44,64 mGy dan 801,48 mGy·cm. Nilai rata-rata $CTDI_{vol}$ dan DLP pada pemeriksaan CT scan kepala orbita kontras adalah sebesar 41,86 mGy dan 1617,21 mGy·cm. Analisis terhadap masing-masing 20 pasien, rata-rata estimasi dosis efektif yang diterima pasien adalah sebesar 1,67 mSv untuk protokol kepala nonkontras, dan 3,37 mSv untuk kepala kontras. Hasil uji *t independen* menunjukkan adanya perbedaan pada keluaran dosis radiasi antara kedua protokol akibat kondisi pasien dan penggunaan media kontras pada pemeriksaan kepala. Kesimpulan menunjukkan bahwa nilai indikator dosis di RS Universitas Tanjungpura secara umum masih berada dalam batas acuan nasional (I-DRL BAPETEN), di mana nilai dosis yang lebih tinggi pada protokol kepala kontras disesuaikan dengan kebutuhan klinis untuk memperoleh citra yang optimal.

Kata kunci: *Computed Tomography*, $CTDI_{vol}$, *Dose Length Product* (DLP), Dosis Efektif, DRL.

Evaluation of $CTDI_{vol}$, DLP values, and Effective Dose Estimation in Non-contrast Head CT and Contrast-enhanced Orbital Head CT Scans

Abstract

CT (Computed Tomography) is an imaging technique that prodeces cross-sectional images of anatomical structures, thereby helping to clarify and improve diagnostic accuracy. This study aims to analyze the mean values of dose length product (DLP) and the estimated effective dose in non-contrast head CT scans and contrast enhanced orbital head CT scans at Universitas Tanjungpura Hospital, and to evaluate the difference in dose values between the two protocols using the normality test (Shapiro-Wilk) and the independent t-test. The results showed that the mean values of $CTDI_{vol}$ and DLP for non-contrast head CT scans were 44.64 mGy and 801.48 mGy·cm, respectively. Meanwhile, the mean values of $CTDI_{vol}$ and DLP for contrast-enhanced orbital head CT scans were 41.86 mGy and 1617.21 mGy·cm, respectively. Based on the analysis of 20 patients for each protocol, the averange estimated effective dose received by patients was 1.67 mSv for the non-contrast head protocol and 3.37 mSv for the contrast-enhanced orbital head protocol. The independent t-test results indicated a significant difference in radiation dose output between the two protocols, which is attributed to the patient's cinical condition and the utilization of contrast media in head examinations. In conclusion, the dose indicator values at Universitas Tanjungpura Hospital gennerally remain within the national reference limits (I-DRL BAPETEN), wherein the higher dosee value in the contrast-enhanced head protocol is adjusted to clinical requirements to achieve optimal image resolution.

Keywords: *Computed Tomography, $CTDI_{vol}$, Dose Length Product (DLP), Effective Dose, DRL, Contrast-enhanced.*

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yesus Yang Maha Esa karena berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul Evaluasi Nilai $CTDI_{vol}$, DLP, dan Estimasi Dosis Eektif Pada Pemeriksaan CT Scan Kepala Nonkontras dan CT Scan Kepala Orbita Kontras Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Gelar Sarjana Sains pada Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura Pontianak.

Penulis mengucapkan banyak terima kasih yang sebesar-besarnya kepada orang tua Lie Mie Fa dan Sung Bie En serta saudara saya (Raventino dan Siau Lin) yang telah memberikan doa dan dukungan kepada penulis, sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala ketulusan hati, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Pembimbing pertama, Bapak Dr. Bintoro Siswo Nugroho, S.Si., M.Si. yang meluangkan waktu, tenaga, pikiran dan memberikan saran yang sangat berharga selama penyusunan skripsi ini.
2. Pembimbing kedua, Bapak Ahmas Sudin, S.Si. yang telah memberikan koreksi, arahan teknis yang mendetail, serta masukan yang sangat membantu penulis dalam menyempurnakan kualitas data penelitian ini.
3. Penguji petama Ibu Dr. Nurhasanah, S.Si., M.Si. atas segala kritik, saran yang membangun, dan arahan yang diberikan untuk penyempurnaan skripsi ini.
4. Penguji kedua Ibu Mega Nurhanisa, S.Si., M.Si. atas saran, koreksi, serta ketelitian yang diberikan kepada penulis dalam mengevaluasi hasil penelitian ini.
5. Dosen pembimbing akademik Bapak Zulfian, S.Si., M.Si. yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi yang sangat berharga selama masa perkuliahan hingga proses penyelesaian tugas akhir ini.

6. Seluruh Staf dan Dosen Fisika, yang telah membekali penulis dengan berbagai ilmu pengetahuan, wawasan, serta bimbingan moral yang sangat berharga selama masa perkuliahan.
7. Seluruh Staf Radiologi RS Universitas Tanjungpura, terima kasih atas izin, bantuan, petunjuk teknis, serta keramahannya selama penulis melakukan proses pengambilan data dosis pasien di lapangan.
8. Rekan-Rekan Teman Magang, yang telah berjuang bersama di RS, saling berbagi pengalaman, serta saling membantu dalam mengatasi kesulitan selama mengumpulkan data penelitian di instalasi radiologi.
9. Teman-Teman Angkatan Photon, sebagai keluarga seperjuangan di bangku kuliah. Terima kasih atas kebersamaan, diskusi, canda tawa, serta dukungan semangat yang luar biasa di masa-masa sulit penyusunan tugas akhir ini.
10. Diri Sendiri, terima kasih karena telah bertahan, berjuang dengan gigih, tidak menyerah menghadapi setiap proses yang melelahkan, serta mampu melampaui batas kemampuan diri hingga skripsi ini dapat diselesaikan.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca demi perbaikan di masa mendatang. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat, wawasan, serta kontribusi positif bagi perkembangan ilmu pengetahuan di bidang radiologi dan proteksi radiasi.

Pontianak, 29 Juli 2026



Siau Ing

H1021221033

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR GAMBAR x
DAFTAR TABEL xi
DAFTAR LAMPIRAN xii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Perumusan Masalah 3
1.3 Batasan Masalah 3
1.4 Tujuan Penelitian 4
1.5 Manfaat Penelitian 4
BAB II LANDASAN TEORI 5
2.1 Pencitraan CT dan Paparan 5
2.2 *As Low As Reasonably Achievable* (ALARA) 7
2.3 CT Scan Kontras dan Nonkontras 8
2.4 Anatomi Patologi Kepala dan Mata 10
2.5 Parameter Dosis Efektif pada CT Scan 10
2.6 Hubungan antara CTDIvol, DLP, dan Dosis Efektif 15
2.7 Faktor-Faktor yang Memengaruhi Dosis pada Pemeriksaan CT Scan Kepala 16
2.8 Standar Acuan Dosis Diagnostik DRL (*Diagnostic Reference Level*) 18
2.9 Efek Deterministik dan Efek Stokastik 18
2.10 Proteksi Radiasi 18
2.11 Proteksi Radiasi pada Pasien dan Petugas 19
BAB III METODE PENELITIAN 20
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian 20
3.2 Metode Pengumpulan Data 20
3.3 Metode Penelitian 20
3.4 Diagram Alur Penelitian 25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 26
4.1 Hasil CTDIvol 26
4.2 Hasil DLP 26
4.3 Hasil Dosis Efektif 27
4.4 Hasil Analisis Statistik dan Perbandingan Berdasarkan I-DRL 28

4.4.1 Uji Normalitas 28
4.4.2 Uji *Shapiro-Wilk* 28
4.4.3 Uji *t independen* 29
4.4.4 Perbandingan berdasarkan I-DRL 30
4.5 Pembahasan 32
BAB V SIMPULAN DAN SARAN 36
5.1 Kesimpulan 36
5.2 Saran 36
DAFTAR PUSTAKA 37
LAMPIRAN 40
Perhitungan 46

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 CT scan (Dokumentasi pribadi, 2025) 5
Gambar 2.2 Hasil Pemeriksaan CT scan kepala (Dokumentasi pribadi, 2026) 8
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian 25
Gambar 4.1 Grafik perbandingan nilai dosis efektif 27
Gambar 4.2 Grafik perbandingan rata-rata dosis efektif 30

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai faktor bobot berbagai jenis radiasi..... 13
Tabel 2.2Koefisien konversi dosis efektif (k) untuk CT scan dewasa ICRP Publication 103..... 14
Tabel 4.1 Uji normalitas..... 28
Tabel 4.2 Uji *Shapiro-Wilk* 29
Tabel 4.3 Uji *independent samples t-test* 29
Tabel 4.4 Analisis perbandingan nilai parameter dosis ($CTDIvol$ dan DLP) hasil penelitian terhadap standar *Indonesian Diagnostic Reference Level* (I-DRL). 31

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil pemeriksaan CT scan kepala nonkontras 40
Lampiran 2 Hasil pemeriksaan CT scan kepala orbita kontras 40
Lampiran 3 Hasil uji normalitas (*Shapiro-Wilk*) 41
Lampiran 4 Hasil uji *t independen* 41
Lampiran 5 Tabel data pasien CT scan kepala nonkontras 42
Lampiran 6 Tabel data pasien CT scan kepala orbita kontras 43
Lampiran 7 Nilai standar CT scan I-DRL berdasarkan BAPETEN Tahun 2025 .. 44
Lampiran 8 Nilai standar CT scan I-DRL berdasarkan BAPETEN Tahun 2021 . 45

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sinar-X termasuk radiasi tak kasat mata yang terletak pada rentang frekuensi sekitar $3 \times 10^{16} Hz$ dan memiliki energi antara 100 eV hingga 100 keV dalam spektrum gelombang. Radiasi pada bidang kesehatan mempunyai efek samping yang mengakibatkan dampak terhadap kesehatan manusia dan lingkungan (Prameswari *et al*., 2024). Sumber radiasi pada pemeriksaan *Computed Tomography Scan* (CT scan) berasal dari sinar-X. *Kilovoltage* (kV) berfungsi mengatur beda potensi antarkatoda dan anoda pada tabung, yang menentukan kemampuan penetrasi sinar-X yang dihasilkan. Rata-rata, CT scan bekerja pada kisaran tegangan 80-140 kV. Variasi nilai kV dapat mempengaruhi daya tembus sinar-X, besar dosis yang diterima pasien, jumlah radiasi hambur, serta kualitas kontras pada citra yang dihasilkan (Agung *et al*., 2024).

CT scan berfungsi untuk mendeteksi ada atau tidaknya kelainan dalam tubuh. Modalitas ini dapat diterapkan pada berbagai jenis pemeriksaan, seperti pemeriksaan kepala (*head*), rongga dada (*thorax*), dan rongga perut (*Abdomen*). Perangkat CT scan yang digunakan merupakan tipe *multislice*, di mana citra yang dihasilkan dapat diproses sesuai kebutuhan diagnostik sehingga diperoleh gambaran yang optimal untuk mencapai diagnosis yang akurat dan komprehensif (Siregar *et al*., 2020). Dosis efektif pada pemeriksaan CT scan kepala berkisar 1 mSv hingga 4 mSv per pemerksaan. Radiologi konvensional menghasilkan dosis efektif di bawah 0,1 mSv hingga sekitar 1,5 mSv. Risiko paparan radiasi pada CT scan jauh lebih tinggi dibandingkan dengan pemeriksaan radiologi konvensional (Fitriana dan Utami, 2021).

Computed Tomography (CT) merupakan teknik pencitraan yang menghasilkan irisan gambar struktur anatomi, sehingga dapat membantu memperjelas dan meningkatkan ketepatan diagnosis (Harnanto *et al*. 2025). Dosis pada pemeriksaan CT scan dievaluasi menggunakan *indeks* optimasi berupa *Diagnostic Reference Level* (DRL), di mana nilai DRL untuk CT scan dinyatakan

melalui *Computed Tomography Dose Index Volume* ($CTDI_{vol}$) dan *Dose Length Product* (DLP). Tetapi parameter $CTDI_{vol}$ dan DLP tidak merepresentasikan dosis radiasi individu secara langsung, karena besarnya dosis juga dipengaruhi oleh ukuran tubuh pasien. *Size-specific dose Estimate* (SSDE) digunakan sebagai metrik yang menyesuaikan perhitungan dosis berdasarkan parameter tubuh pasien (Agus dan Dharma, 2024).

CTDI menunjukkan besarnya dosis radiasi pada setiap irisan gambar, sedangkan DLP merepresentasikan total dosis radiasi sepanjang area tubuh yang diperiksa. Kedua parameter ini secara bersama-sama menjadi dasar standar untuk menilai keluaran radiasi dan mengoptimalkan protokol pemeriksaan CT. Nilai $CTDI_{vol}$ ditentukan menggunakan ruang ionisasi berbentuk pensil sepanjang 100 mm dan phantom standar yang terbuat dari *polymethyl methacrylate* (PMMA), dengan diameter 32 cm untuk tubuh dan 16 cm untuk kepala. Besar $CTDI_{vol}$ dipengaruhi oleh parameter paparan seperti tegangan tabung, arus tabung, serta *pitch* (Latifah *et al*., 2025).

Penelitian Agung *et al*., (2024) sebelumnya hanya meneliti tentang analisis perubahan kV terhadap $CTDI_{vol}$ dan DLP pada CT scan kepala dengan *water phantom*, mendapatkan hasil pada variasi kV 80, 100, dan 120. Berada di bawah 60 mGy untuk $CTDI_{vol}$ dan 1275 mGy·cm untuk DLP. Untuk kV 135 nilai hasil $CTDI_{vol}$ dan DLP yaitu 62,60 mGy dan 1376,00 mGy·cm. Terdapat hubungan signifikan yang sangat kuat dan searah yaitu semakin tinggi kV, semakin tinggi pula dosis atau nilai $CTDI_{vol}$ dan DLP yang dihasilkan.

Penelitian yang dilakukan penulis yaitu evaluasi nilai $CTDI_{vol}$, DLP dan estimasi dosis efektif pada pemeriksaan CT scan kepala nonkontras dan CT scan kepala kontras menggunakan parameter $CTDI_{vol}$ dan DLP di RS Universitas Tanjungpura. Kondisi ini dilakukan untuk mengetahui nilai $CTDI_{vol}$, DLP, dan dosis efektif pada pasien CT kepala di RS Universitas Tanjungpura serta membandingkan dengan nilai DRL, dan agar memberikan gambaran mengenai tingkat keselamatan radiasi pada pasien, berdasarkan Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN) melalui standar *Indonesian Diagnostic Reference Level* (I-DRL), di setiap fasilitas kesehatan melakukan evaluasi dosis secara berkala, guna

mewujudkan prinsip *As Low As Reasonably Achievable* (ALARA) bagi pasien. Pemeriksaan CT scan kepala nonkontras dan CT scan kepala kontras telah menjadi prosedur diagnostik rutin di RS Universitas Tanjungpura, meskipun data mengenai indeks dosis radiasi dasar (DRL) lokal telah dipublikasikan oleh Annisah (2022), berfokus pada nilai $CTDI_{vol}$, DLP dan estimasi dosis efektif untuk mengevaluasi risiko radiasi pada kedua protokol tersebut masih belum banyak dilakukan.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang yang telah dipaparkan, maka rumusan masalah yang diangkat pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Berapa besar nilai rata-rata $CTDI_{vol}$ dan DLP pada pemeriksaan CT scan kepala nonkontras dan CT scan kepala orbita kontras di RS Universitas Tanjungpura?
2. Berapa besar estimasi dosis efektif yang diterima pasien pada pemeriksaan CT scan kepala nonkontras dan CT scan kepala orbita kontras berdasarkan parameter $CTDI_{vol}$ dan DLP?
3. Bagaimana kesesuaian nilai dosis ($CTDI_{vol}$ dan DLP) kedua protokol tersebut jika dibandingkan dengan nilai acuan nasional I-DRL BAPETEN?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan pada hasil pemeriksaan CT scan kepala nonkontras dan CT scan kepala orbita kontras di Instalasi Radiologi RS Universitas Tanjungpura.
2. Data parameter dosis yang dianalisis terbatas pada nilai *Volume Computed Tomography Dose Index* ($CTDI_{vol}$) dan *Dose Length Product* (DLP) yang tercantum pada laporan dosis keluaran pesawat CT scan, tanpa pengukuran langsung menggunakan dosimeter eksternal.
3. Analisis dosis dibatasi pada perhitungan nilai estimasi dosis efektif (E) dengan mengalikan nilai DLP dengan faktor konversi standar (*k-factor*) untuk anatomi kepala, serta evaluasi kesesuaian dosis yang dibatasi pada pembandingan nilai kuartil ketiga (Q_3) terhadap nilai acuan nasional *Indonesian Diagnostic Reference Level* (I-DRL) BAPETEN. Penelitian ini dibatasi pada evaluasi

parameter dosis $CTDI_{vol}$, DLP, dan estimasi dosis efektif sehingga tidak melakukan analisis penilaian terhadap kualitas citra, serta perhitungan dosis serap pada organ spesifik.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari dosis efektif pada pemeriksaan CT scan kepala nonkontras dan kepala kontras. Secara khusus tujuan tersebut dapat dirinci sebagai berikut:

1. Menganalisis nilai-nilai $CTDI_{vol}$, dan DLP pada pemeriksaan CT scan kepala nonkontras dan CT scan kepala orbita kontras di RS Universitas Tanjungpura.
2. Menghitung estimasi dosis efektif yang diterima pasien berdasarkan parameter $CTDI_{vol}$ dan DLP.
3. Menganalisis hubungan $CTDI_{vol}$, DLP, dan dosis efektif pada pemeriksaan CT scan kepala nonkontras dan CT scan kepala orbita kontras.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat pada penelitian adalah sebagai berikut:

1. Manfaat bagi mahasiswa: Menambah pemahaman mahasiswa mengenai konsep dosis radiasi pada CT scan, hubungan antara $CTDI_{vol}$, DLP dan estimasi dosis efektif.
2. Manfaat bagi rumah sakit: Membantu RS memastikan agar $CTDI_{vol}$ dan DLP telah sesuai dengan standar I-DRL.
3. Manfaat bagi pasien: Berperan dalam mendukung optimasi protokol pemeriksaan CT scan kepala nonkontras dan CT scan kepala orbita kontras yang optimal dengan paparan dosis radiasi yang seminimal mungkin sesuai prinsip ALARA.