

**ANALISIS PAPARAN DOSIS RADIASI DAN NILAI
KERMA-AREA PRODUCT (KAP) YANG DITERIMA
PASIEN PADA PEMERIKSAAN GIGI
MENGUNAKAN PESAWAT SINAR-X DENTAL
PANORAMIK**

TUGAS AKHIR

Untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai derajat Sarjana S-1
Program Studi Fisika

Diajukan oleh :

Sayla Hasna Naufalia

21106020028

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UIN SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA**

2025



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-1853/Un.02/DST/PP.00.9/08/2025

Tugas Akhir dengan judul : Analisis Paparan Dosis Radiasi Dan Nilai Kerma-Area Product (KAP)
Yang Diterima Pasien Pada Pemeriksaan Gigi Menggunakan Pesawat
Sinar-X Dental Panoramik

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : SAYLA HASNA NAUFALIA
Nomor Induk Mahasiswa : 21106020028
Telah diujikan pada : Senin, 11 Agustus 2025
Nilai ujian Tugas Akhir : A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang

Dr. Nita Handayani, S.Si, M.Si
SIGNED

Valid ID: 68a71e0a015d3



Penguji I

Anis Yuniati, S.Si., M.Si., Ph.D.
SIGNED

Valid ID: 68a5667938651



Penguji II

Andi, M.Sc.
SIGNED

Valid ID: 68a5b24708b8e



Yogyakarta, 11 Agustus 2025

UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 68a73290e7c05

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Sayla Hasna Naufalia

NIM : 21106020028

Program Studi : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan dengan sesungguhnya, bahwa skripsi saya yang berjudul “Analisis Paparan Dosis Radiasi Dan Nilai *Kerma-Area Product* (KAP) Yang Diterima Pasien Pada Pemeriksaan Gigi Menggunakan Pesawat Sinar-X Dental Panoramik” adalah hasil penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diujakan untuk memperoleh gelar sarjana di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 20 Juli 2025

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA



Penulis

Sayla Hasna Naufalia

NIM. 21106020028



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan

skripsi Lamp : -

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan

Teknologi UIN Sunan Kalijaga

Yogyakarta

di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Sayla Hasna Naufalia
NIM : 21106020028
Judul Skripsi : Analisis Paparan Dosis Radiasi Dan Nilai *Kerma-Area Product* (KAP) Yang Diterima Pasien Pada Pemeriksaan Gigi Menggunakan Pesawat Sinar-X Dental Panoramik

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Fisika.

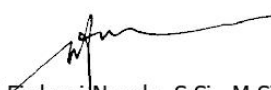
Dengan ini kami mengharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

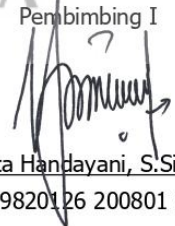
Yogyakarta, 27 Juli 2025

Pembimbing II

Pembimbing I


Nurul Firdausi Nuzula, S.Si., M.Si

NIP. 19911228 202012 2 005


Dr. Nita Handayani, S.Si., M.Si

NIP.19820126 200801 2 008

MOTTO HIDUP

“Semua kehidupan di dunia ini adalah eksperimen. Jika kita sering bereksperimen, kita telah melakukan sesuatu yang tepat.”

Ralph Waldo Emerson



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan berkah nikmat yang tak terhingga, kekuatan dan kesehatan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan penulisan Proposal Penelitian dengan judul “Analisis Paparan Dosis Radiasi Dan Nilai *Kerma-Area Product* (KAP) Dengan Yang Diterima Pasien Pada Pemeriksaan Gigi Menggunakan Pesawat Sinar-X Dental Panoramik“. Proposal Penelitian ini disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan guna memperoleh gelar sarjana pada program studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.

Penulis menyadari betul bahwa terdapat berbagai kesalahan dan kekurangan selama penyusunan Proposal Penelitian ini, serta adanya berbagai ujian yang penulis alami hingga Proposal Penelitian ini terselesaikan. Penulis pada kesempatan ini menyampaikan terimakasih yang sebesar-besarnya atas bimbingan, dukungan secara moral, arahan, dan koreksi, yang telah diberikan selama penyusunan laporan kepada :

1. Mama dan Papa, terima kasih telah memberikan doa, cinta, sayang, semangat, dan motivasi selama melakukan studi.
2. Ibu Dr. Nita Handayani S.Si., M.Si sebagai Dosen Pembimbing laporan atas segala bimbingan, arahan, serta saran yang diberikan kepada penulis sehingga laporan ini dapat diselesaikan dengan baik.

3. Ibu Nurul Firdausi Nuzula S.Si., sebagai Dosen Pembimbing Penelitian atas segala bimbingan, arahan, serta masukan yang diberikan kepada penulis sehingga penelitian yang dilakukan selama satu bulan ini dapat berjalan dengan lancar.
4. Ibu Dr. Widayanti S.Si., M.Si selaku Ketua Program Studi Fisika.
5. Ibu Anis Yuniati, M.Si., Ph.D dan Bapak Andi, M.Sc selaku dosen penguji, atas waktu, masukan, dan kritik membangun yang sangat membantu dalam menyempurnakan skripsi ini.
6. Seluruh dosen di Program Studi Fisika, yang telah memberikan ilmu, wawasan, dan inspirasi selama masa perkuliahan.
7. Anik, Cinta, Chintya dan Meika yang sudah menemani dan membantu proses pengerjaan skripsi.
8. Indra yang sudah memberi support dan bantuan dalam pengerjaan skripsi.

Semoga Allah memberikan balasan yang lebih baik atas kebaikan dan bantuan yang telah pihak-pihak terkait berikan. Akhir kata penulis sampaikan permohonan maaf atas banyaknya kekurangan dan kesalahan selama penelitian dan penulisan laporan. Dengan demikian, segala saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan guna perbaikan dan pengembangan penelitian menjadi lebih baik. semoga laporan penelitian ini dapat memberi manfaat kepada penulis khususnya dan pembaca pada umumnya, Amin.

Yogyakarta, Juli 2025

Penulis

Analisis Paparan Dosis Radiasi Dan Nilai *Kerma-Area Product* (KAP) Yang Diterima Pasien Pada Pemeriksaan Gigi Menggunakan Pesawat Sinar-X Dental Panoramik

Sayla Hasna Naufalia
21106020028

INTISARI

Pemeriksaan radiografi dental panoramik merupakan salah satu prosedur diagnostik yang umum dilakukan dalam praktik kedokteran gigi. Meskipun memiliki manfaat diagnostik yang besar, prosedur ini melibatkan paparan radiasi terhadap pasien. Oleh karena itu, penting untuk mengevaluasi besarnya dosis radiasi yang diterima guna memastikan bahwa paparan tetap dalam batas yang aman sesuai prinsip proteksi radiasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur nilai paparan dosis radiasi yang diterima pasien menggunakan dosimeter, serta menghitung nilai *Kerma-Area Product* (KAP) dan estimasi dosis selama pemeriksaan pada dental panoramik. Proses pengukuran paparan radiasi dilakukan pada *water phantom* menggunakan variasi tegangan tabung (kVp) untuk mengetahui pengaruh parameter teknis terhadap keluaran radiasi. Pengukuran laju paparan dosis radiasi juga dilakukan langsung pada pasien menggunakan Dosimeter Saku Gamma (DSG) saat menjalani pemeriksaan gigi menggunakan pesawat sinar-X dental panoramik. Nilai KAP dihitung berdasarkan data uji kesesuaian alat dan parameter penyinaran, serta dilakukan koreksi jarak dengan menggunakan hukum kuadrat terbalik (*inverse square law*) untuk mendapatkan estimasi dosis aktual yang diterima pasien. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dosis radiasi pada phantom meningkat seiring kenaikan tegangan tabung, dari 0,021 mSv pada 65 kV hingga 0,136 mSv pada 84 kV. Sementara itu, pengukuran pada pasien menunjukkan nilai rata-rata dosis yang diterima pasien sebesar 0,0056 mSv. Nilai KAP juga meningkat dari 120,22 mGy·cm² hingga 217,54 mGy·cm² sejalan dengan peningkatan tegangan. Estimasi dosis menggunakan model kurva *power* dan koreksi jarak menunjukkan hasil yang realistis dan dapat digunakan sebagai dasar penetapan Tingkat Paparan Diagnostik (TPD). Temuan ini mendukung pentingnya pemantauan dosis dan optimasi proteksi radiasi sesuai prinsip ALARA dalam radiologi gigi.

Kata kunci: Dental panoramik, paparan radiasi, KAP, dosimeter, uji kesesuaian.

Analysis of Radiation Dose Exposure and Kerma-Area Product (KAP) Values Received by Patients During Dental Examination Using Dental Panoramic X-Ray Machine

Sayla Hasna Naufalia
21106020028

ABSTRACT

Panoramic dental radiography is a common diagnostic procedure in dental practice. While it offers significant diagnostic benefits, it also exposes patients to ionizing radiation. Therefore, it is essential to evaluate the amount of radiation dose received to ensure that the exposure remains within safe limits according to radiation protection principles. This study aims to measure the radiation dose exposure received by patients using a dosimeter, as well as to calculate the Kerma-Area Product (KAP) and estimate the total dose during panoramic dental examinations. Radiation exposure measurements were carried out on a water phantom using various tube voltage settings (kVp) to analyze the influence of technical parameters on radiation output. The measurement of radiation dose rate exposure was also conducted directly on patients using a Gamma Pocket Dosimeter (DSG) during dental examinations with a dental panoramic X-ray machine. The KAP values were calculated based on equipment conformity test data and exposure parameters. Distance correction was applied using the inverse square law to obtain a more accurate estimation of the dose received by patients. The results show that radiation dose on the phantom increased with higher tube voltage, from 0.021 mSv at 65 kV to 0.136 mSv at 84 kV. Meanwhile, patient measurements showed an average dose of 0.0056 mSv. The KAP values also increased from 120.22 mGy·cm² to 217.54 mGy·cm² in line with increasing voltage. Dose estimation using a power curve model and distance correction yielded realistic results that may serve as a basis for determining Diagnostic Reference Levels (DRLs). These findings emphasize the importance of dose monitoring and optimization of radiation protection according to the ALARA (As Low As Reasonably Achievable) principle in dental radiology.

Keywords: Panoramic dental, radiation exposure, KAP, dosimeter, equipment conformity test.

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iii
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR.....	iv
MOTTO HIDUP	v
KATA PENGANTAR.....	vii
INTISARI	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR SINGKATAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian.....	7
1.4 Batasan Penelitian	7
1.5 Manfaat Penelitian.....	8
BAB II TINJAUAN TEORI.....	9
2.1 Studi Pustaka	9
2.2 Dasar Teori	14
2.2.1 Sinar-X.....	14
2.2.2 Faktor Eksposi	18
2.2.3 Pesawat Sinar-X Radiografi Dental Panoramik.....	20
2.2.4 Kualitas Citra Pesawat Sinar-X	22
2.2.5 Efek Radiasi Terhadap Sel Tubuh Manusia.....	26
2.2.6 Dosis Radiasi	29
2.2.7 Dosimeter.....	36
2.2.8 Dosimetri Pasien Radiodiagnostik.....	41
2.2.9 Kerma-Area Product (KAP)	42

BAB III METODE PENELITIAN	48
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	48
3.1.1 Waktu Penelitian.....	48
3.1.2 Tempat Penelitian	48
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	48
3.3 Tahapan Penelitian	49
3.3.1 Persiapan Alat dan Bahan.....	51
3.3.2 Uji Kesuaian Tabung Sinar-X	52
3.3.3 Mengukur Paparan Dosis Radiasi pada <i>Phantom</i>	56
3.3.4 Mengukur Paparan Dosis Radiasi pada Pasien.....	57
3.3.5 Mengukur Dosis Radiasi Menggunakan Multimeter sinar-X RaySafe...58	
3.3.6 Menghitung Nilai KAP dan Estimasi Dosis Serap	59
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	62
4.1 Hasil Penelitian.....	62
4.1.1 Hasil Paparan Dosis Radiasi Pada <i>Phantom</i>	62
4.1.2 Hasil Laju Paparan Dosis Radiasi Pada Pasien Yang Menjalani Pemeriksaan Menggunakan Dental Panoramik	64
4.1.3 Hasil Nilai <i>Kerma-Area Product</i> (KAP).....	66
4.2 Pembahasan	69
4.2.1 Analisis Paparan Radiasi Pada <i>Phantom</i>	70
4.2.2 Analisis Paparan Radiasi Yang Diterima Pasien Yang Menjalani Pemeriksaan Menggunakan Dental Panoramik	73
4.2.3 Nilai <i>Kerma Area Product</i> (KAP) dan Estimasi Dosis yang Diterima Pasien.....	78
BAB V PENUTUP	84
5.1 Kesimpulan.....	84
5.2 Saran	85
DAFTAR PUSTAKA	87
LAMPIRAN.....	90

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tabung sinar-X	16
Gambar 2.2 Radiografi dental panoramic.....	21
Gambar 2.3 Hasil citra dental panoramic	21
Gambar 2.4 Dosimeter Saku Gamma	38
Gambar 2.5 <i>RaySafe</i>	35
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	45
Gambar 4.1 Grafik fungsi paparan radias pada phantom terhadap tegangan tabung.....	64
Gambar 4.2 Diagram persebaran paparan dosis radiasi	65
Gambar 4.3 Grafik presentil paparan dosis radiasi pasien dental panoramik	66
Gambar 4.4 Grafik hubungan antara nilai KAP terhadap tegangan tabung	68
Gambar 4.5 Grafik hubungan antara output dosis radiasi dan tegangan tabung .	69



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka	13
Tabel 2.2 Tingkat Panduan Dosis Radiografi Diagnostik untuk Setiap Pasien Dewasa Tertentu	29
Tabel 2.3 Dosis efektif pada pemeriksaan gigi rutin	34
Tabel 3.2 Alat dan bahan penelitian	48
Tabel 3.3 Hasil Uji Kesesuaian sinar-X	55
Tabel 3.4 Hasil paparan radiasi pada phantom.....	56
Tabel 3.5 Hasil paparan radiasi pada pasien	58
Tabel 3.7 Data untuk menghitung nilai KAP	59
Tabel 4.1 Hasil uji kesesuaian tabung sinar-X	63
Tabel 4.2 Hasil paparan radiasi pada phantom.....	63
Tabel 4.3 Hasil perhitungan nilai KAP	67
Tabel 4.4 Hasil pengukuran output dosis radiasi menggunakan multimeter sinar-X <i>RaySafe</i>	68

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Penelitian	90
Lampiran 2 Perhitungan Data	93
Lampiran 3 Dokumentasi Penelitian	96



DAFTAR SINGKATAN

BAPETEN	: Badan Pengawas Tenaga Nuklir
KAP	: Kerma Area Product
ESAK	: Entrance Surface Air Kerma
INAK	: Incident Air Kerma
DRL	: Diagnostic Reference Levels
ALARA	: As Low As Reasonably Achievable
DSG	: Dosimeter Saku Gamma
mSv	: Milisievert
mA	: Miliampere
kV	: Kilovolt
NBD	: Nilai Batas Dosis
Gy	: Gray
TPD	: Tingkat Paparan Diagnostik

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sinar-X pertama kali ditemukan oleh Wilhem Conrad Rontgen pada tahun 1895. Penemuan sinar-X merupakan sebuah revolusi dalam dunia medis, ternyata hasilnya dapat mendiagnosis penyakit pada tubuh manusia. Sinar-X adalah pancaran gelombang elektromagnetik, dengan memiliki gelombang sangat pendek. Panjang gelombang sinar-X adalah 0,01 hingga 10 nanometer, karena panjang gelombangnya sangat pendek, sehingga energinya sangat besar dan dapat menembus suatu materi. Pemeriksaan sinar-X merupakan teknologi pencitraan tubuh tanpa dilakukan pembedahan serta dapat memberikan gambar yang detail mengenai anatomi tubuh. Pemeriksaan dengan menggunakan sinar-X ini meliputi tindakan radiagnostik dan radioterapi. Dalam hal ini, dunia fisika medis memiliki peran penting, khususnya dalam penerapan radiagnostik, radioterapi dan kedokteran nuklir. Ilmu fisika digunakan untuk mendukung berbagai aspek teknis dan keselamatan, seperti uji kualitas berkas sinar-X, uji kolimator, deteksi kebocoran radiasi dari tabung sinar-X, serta pengukuran dosis radiasi yang diterima pasien, guna memastikan keselamatan dan efektivitas prosedur klinis. (Tahula, 2020).

Radiagnostik merupakan salah satu cabang ilmu radiologi yang menggunakan pencitraan untuk mendiagnosis penyakit dengan bantuan Sinar-X, gelombang suara, medan magnet, dan agen kontras. Pemeriksaan radiologi

memungkinkan dokter untuk memeriksa organ, tulang, dan jaringan tanpa perlu melakukan pembedahan. Jenis pemeriksaan radiologi yang umum meliputi radiografi, CT scan, MRI dan ultrasound. Sinar-X merupakan tindakan medis yang memanfaatkan sinar radiasi untuk mengambil foto dari organ bagian dalam tubuh. Radiasi yang dihasilkan dari sinar-X merupakan salah satu jenis radiasi pengion. Radiasi pengion merupakan radiasi yang dapat mengionisasi atom-atom atau molekul dari suatu materi (seperti sel atau jaringan tubuh) yang dilaluinya sehingga menghasilkan ion (Suci, 2020). Pemanfaatan radiasi pengion berupa sinar-X selain memberikan manfaat bagi dunia kedokteran, radiasi pengion juga memberikan efek merugikan bagi pekerja, pasien, dan masyarakat sekitar.

Dalam dunia medis modern, diagnosis merupakan langkah awal yang krusial dalam upaya penyembuhan. Diagnosis bukan hanya sekadar penetapan nama penyakit, tetapi merupakan hasil dari proses penilaian klinis yang mendalam terhadap gejala dan kondisi pasien. Tujuannya adalah untuk memahami respons tubuh terhadap gangguan kesehatan serta menentukan langkah pengobatan yang tepat dan prognosis ke depannya. Meskipun kemajuan teknologi dan keahlian medis memainkan peran penting dalam proses ini, dalam perspektif Islam, penyembuhan sejati tetap berada dalam kuasa Allah SWT.

Hal ini ditegaskan dalam Al-Qur'an, khususnya dalam Surah Asy-Syu'ara ayat 80,

وَإِذَا مَرَضْتُ فَهُوَ يَشْفِينِ

Artinya : “Dan apabila aku sakit, Dialah yang menyembuhkan aku.”

Ibnu Katsir menjelaskan dalam Surah Asy-Syu'ara ayat 80, Nabi Ibrahim menyadarkan penyakit kepada dirinya (“apabila aku sakit”), tetapi kesembuhan disandarkan kepada Allah, menunjukkan bahwa segala ikhtiar manusia seperti berobat atau menggunakan teknologi, tetap membutuhkan izin dan kehendak Allah untuk menghasilkan kesembuhan. Ayat ini sering dipahami sebagai dukungan terhadap usaha manusia untuk mencari pengobatan dan solusi medis, termasuk melalui pemeriksaan laboratorium, konsultasi dengan dokter, penggunaan teknologi pencitraan medis seperti sinar-X, CT Scan, MRI, dan lain-lain. Islam mengajarkan ikhtiar (usaha maksimal) dan tawakal (berserah diri kepada Allah) sebagai dua prinsip yang berjalan seiring. Termasuk dalam hal mendeteksi penyakit secara dini, mendiagnosis menggunakan alat teknologi medis modern dan melakukan pengobatan atau terapi berdasarkan diagnosis.

Pemeriksaan radiodiagnostik telah menjadi bagian yang tidak dapat dipisahkan dari dunia kedokteran gigi dan dokter gigi spesialis bedah mulut. Kedokteran gigi sendiri mempunyai cabang ilmu radiologi yang biasa dikenal dengan dental radiologi yang memegang peranan penting dalam mendiagnosis, merencanakan perawatan, dan mengevaluasi hasil perawatan dimana salah satu tipe yang sering digunakan yaitu radiografi dental panoramik. Pemeriksaan dental panoramik membantu dokter gigi atau spesialis bedah mulut untuk melihat lebih jauh dan jelas gambaran daerah rahang atas, rahang bawah dan jaringan lunak yang ada disekitarnya dalam satu film berupa foto rontgen. Dental panoramik dapat memberikan informasi dalam beberapa kondisi misalnya kelainan di periodontal, tumor rahang atau kanker mulut, kista pada tulang rahang, dan gigi yang terganggu

akibat gigi geraham belakang yang baru tumbuh. Alat radiologi dental panoramik dapat membantu tim medis untuk mendiagnosis penyakit yang tepat dan akurat, sehingga penyakit pasien dapat ditangani dengan cepat.

Pemeriksaan dengan dental panoramik memanfaatkan radiasi sinar-X yang bersifat pengion yang beresiko menimbulkan efek biologis apabila tidak dikendalikan. Oleh karena itu, penting untuk melakukan pengukuran dan analisis dosis radiasi, baik yang dihasilkan oleh alat maupun yang diterima oleh pasien, demi menjaga prinsip proteksi radiasi sesuai konsep ALARA. Salah satu parameter penting yang digunakan dalam mengevaluasi paparan ini adalah dosis radiasi efektif (dalam mSv), yaitu jumlah energi radiasi yang diserap oleh jaringan pasien dan berkontribusi terhadap risiko biologis (Ermiza, 2022).

Dalam radiologi diagnostik, termasuk pada pemeriksaan dental panoramik, terdapat beberapa pendekatan utama yang dapat digunakan untuk mengestimasi dosis radiasi yang diterima pasien. Masing-masing pendekatan memiliki tingkat akurasi, kompleksitas, serta kebutuhan peralatan yang berbeda tergantung konteks klinis dan tujuan pengukuran. Untuk mendukung optimasi proteksi radiasi, pengukuran paparan dosis radiasi pada phantom dilakukan sebagai simulasi pasien. Hal ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar output dosis yang dihasilkan oleh pesawat sinar-X dental panoramik pada berbagai parameter teknis. Selanjutnya, pengukuran paparan radiasi untuk pasien dilakukan dengan menggunakan dosimeter saku gamma (DSG) yang diletakkan di tubuh pasien saat pemeriksaan berlangsung. Metode ini bertujuan untuk mengetahui variasi paparan radiasi yang diterima oleh pasien secara langsung dalam kondisi klinis nyata,

dengan mempertimbangkan teknik pemeriksaan, posisi pasien dan kemungkinan kesalahan prosedural yang dapat mempengaruhi besarnya dosis radiasi (Suliman, 2021).

Dalam mengevaluasi paparan radiasi tidak cukup hanya dengan dosis efektif saja. Oleh karena itu, perlu pendekatan pengukuran dengan menggunakan *Kerma-Area Product* (KAP) semakin banyak digunakan dalam praktik radiologi diagnostik. KAP menggabungkan dosis radiasi (mGy) dengan luas area penyinaran (cm^2) sehingga dapat mencerminkan total energi radiasi yang dihantarkan ke tubuh pasien, tanpa bergantung pada kedalaman atau letak organ tertentu (Kangarlou, 2022). Nilai KAP sangat berguna dalam pengawasan proteksi radiasi. Proteksi radiasi untuk radiologi diagnostik memerlukan penerapan protokol pencitraan khusus pasien selain estimasi dosis untuk prosedur pencitraan yang berbeda. Prosedur spesifik *Kerma-Area Product* (KAP) merupakan parameter dosis yang direkomendasikan untuk memantau dan mengoptimalkan proteksi radiasi di bidang medis dan dental (Almohiy dkk., 2020). Selanjutnya, dilakukan juga estimasi dosis pasien menggunakan persamaan matematis berbasis grafik output dosis terhadap variasi tegangan tabung, yang membantu memprediksi paparan radiasi dengan lebih efisien.

Berdasarkan peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN) Nomor 4 Tahun 2020, yang mengatur proteksi dan keselamatan radiasi dalam pemanfaatan tenaga nuklir, nilai batas dosis (NBD) untuk pekerja radiasi tidak boleh melebihi 20 mSv per tahun, sehingga dosis yang terakumulasi selama 5 tahun tidak boleh melebihi 100 mSv, dengan ketentuan dosis efektif tidak boleh melebihi 50 mSv

dalam 1 tahun tertentu, sedangkan nilai batas dosis (NBD) untuk anggota masyarakat tidak boleh melebihi 1 mSv dalam 1 Tahun (BAPETEN, 2020).

Dalam penggunaan radiasi pengion untuk tujuan medis, termasuk radiografi panoramik, pengelolaan dosis pasien menjadi aspek yang sangat penting. Dosis radiasi harus dijaga serendah mungkin dengan tetap mempertahankan kualitas citra yang memadai untuk mendukung diagnosis yang akurat. Evaluasi dosis yang diterima pasien secara tepat selama prosedur merupakan langkah krusial dalam upaya optimasi proteksi radiasi. Pengukuran dosis paparan pada radiografi panoramik perlu dilakukan secara sistematis karena terdapat potensi risiko biologis akibat paparan radiasi, baik bagi pasien maupun tenaga kesehatan. Variasi dosis antar pasien dapat dipengaruhi oleh sejumlah faktor, seperti kondisi klinis individu, arus dan tegangan tabung sinar-X, jarak fokus-kulit, serta keterampilan operator atau radiografer dalam mengoperasikan peralatan (Ibrahim & Mahmood, 2019). Pada Penelitian ini akan membahas mengenai analisis paparan dosis radiasi dan nilai *Kerma-Area Product* (KAP) yang diterima pasien pada pemeriksaan gigi menggunakan pesawat sinar-x dental panoramik, untuk mengetahui nilai dosis pada variasi tegangan tabung dan arus-waktu tabung.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Berapa nilai paparan dosis radiasi yang dihasilkan oleh pesawat sinar-X dental panoramik saat dilakukan pengukuran pada phantom?

2. Berapa nilai paparan dosis radiasi yang diterima pasien selama pemeriksaan gigi menggunakan pesawat sinar-X dental panoramik berdasarkan hasil pengukuran dengan Dosimeter Saku Gamma (DSG)?
3. Berapa nilai *Kerma-Area Product* (KAP) dan estimasi dosis yang diterima pasien selama pemeriksaan dental panoramik?

1.3 Tujuan Penelitian

Berikut tujuan dari penelitian ini, yaitu :

1. Mengukur nilai paparan dosis radiasi yang dihasilkan pesawat sinar-X dental panoramik pada phantom.
2. Menganalisis nilai paparan dosis radiasi yang diterima pasien menggunakan Dosimeter Saku Gamma (DSG) saat pemeriksaan gigi dengan menggunakan pesawat sinar-X dental panoramik.
3. Menganalisis nilai *Kerma-Area Product* (KAP) dan estimasi dosis yang diterima pasien selama pemeriksaan gigi dengan menggunakan pesawat sinar-X dental panoramik.

1.4 Batasan Penelitian

Adapun batasan pada penelitian ini adalah

1. Penelitian ini dibatasi pada dosis radiasi yang diterima pasien yang menjalani pemeriksaan gigi dengan menggunakan pesawat sinar-X dental panoramik di Unit Radiologi RSUD Benda Kota Pekalongan
2. Penelitian ini dilakukan pada 45 pasien yang menjalani pemeriksaan gigi menggunakan pesawat sinar-X dental panoramik.

3. Penelitian ini mengukur paparan dosis radiasi menggunakan alat ukur radiasi berupa dosimeter saku gamma (DSG) dan multimeter sinar-X.
4. Pengaturan parameter eksposi dilakukan secara konstan, dengan nilai tegangan sebesar 76 kVp, arus tabung 12 mA, dan waktu pemaparan selama 12 detik untuk pemeriksaan pada pasien.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Dapat memberikan sumbangan perkembangan ilmu pengetahuan khususnya dalam bidang fisika medik.
2. Penelitian ini memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai nilai KAP dalam konteks radiografi gigi, khususnya pada penggunaan sinar-X dental panoramik.
3. Hasil penelitian dapat menjadi acuan bagi peneliti lain yang ingin mengeksplorasi lebih lanjut tentang paparan radiasi dan teknik radiografi dalam kedokteran gigi.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Merujuk pada hasil dan pembahasan yang telah disampaikan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai paparan dosis radiasi pada phantom menunjukkan adanya peningkatan yang konsisten seiring dengan kenaikan tegangan tabung (kVp) pada pesawat sinar-X dental panoramik. Nilai paparan dosis radiasi di sekitar pesawat sinar-X dental panoramik untuk variasi tegangan antara 65 kVp sampai dengan 84 kVp bernilai antara 0,021 mSv – 0,136 mSv. Hasil pengukuran ini menegaskan bahwa parameter teknis penyinaran secara langsung memengaruhi jumlah energi radiasi dan intensitas radiasi yang dihasilkan dan dihantarkan ke objek, sesuai prinsip dasar fisika radiasi.
2. Paparan dosis radiasi yang diterima pasien selama pemeriksaan dental panoramik berhasil diukur menggunakan Dosimeter Saku Gamma (DSG). Nilai dosis yang diperoleh menunjukkan bahwa mayoritas pasien menerima dosis di bawah ambang yang dianggap aman tidak melebihi TPD yakni dibawah 0,01 mSv dan distribusi dosisnya dapat dianalisis lebih lanjut melalui grafik presentil dan kuartil, yang memperlihatkan nilai median dosis adalah 0,0040 mSv, sementara 75% pasien tercatat menerima dosis di bawah 0,0075 mSv.
3. Nilai *Kerma-Area Product* (KAP) yang dihitung dari hasil uji kesesuaian alat diperoleh nilai antara 120,22 mGy.cm² sampai 217,54 mGy.cm² menunjukkan peningkatan yang sebanding dengan kenaikan tegangan tabung. Selain itu,

estimasi dosis yang dihitung berdasarkan *output* dosis, mAs, serta koreksi jarak dengan metode *inverse square law*, menghasilkan grafik dengan kurva berbentuk *power function* dan persamaan matematis $K \text{ (mGy/mAs)} = 4 \times 10^{-6} \times kV^{2.314}$. Persamaan ini memberikan representasi yang lebih akurat terhadap dosis aktual yang diterima pasien. Nilai KAP dan estimasi dosis ini penting dalam menentukan TPD lokal serta mendukung penerapan prinsip ALARA dalam proteksi radiasi medis.

5.2 Saran

Setelah melalui tahapan pengumpulan data, analisis, serta pembahasan hasil penelitian, maka pada bagian ini akan disampaikan beberapa saran yang diharapkan dapat memberikan kontribusi bagi pengembangan praktik radiologi dental, peningkatan keselamatan pasien, serta sebagai acuan dalam penelitian selanjutnya. Berikut beberapa saran dari peneliti :

1. Untuk mendukung pengendalian dosis dan penerapan prinsip ALARA, sebaiknya setiap fasilitas memiliki *logbook* teknis penyinaran pasien yang mencatat parameter eksposur seperti kVp, mA, waktu, dan jarak. Data tersebut, memungkinkan estimasi dosis dilakukan secara efisien tanpa perlu pengukuran langsung, serta mempermudah dalam audit internal dan evaluasi proteksi radiasi.
2. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat mencakup lebih banyak variabel, seperti usia, jenis kelamin, indeks massa tubuh, dan struktur anatomi pasien, serta dilakukan perbandingan antar jenis atau merek pesawat sinar-X dental panoramik. Dengan cakupan yang lebih luas, hasil penelitian akan semakin

representatif dan dapat digunakan untuk menetapkan protokol dosis lokal yang lebih akurat.



DAFTAR PUSTAKA

- Almohiy, H. M., Hussein, K. I., Alqahtani, M. S., Saeed, M. K., Hussain Hassan, E., Ali Asiri, A. M., Saad, M., Mukhtar, E. M., Adam, M., Alshahrani, M., Alsleem, H. A., & Ajmal, M. 2020. Radiation Dose Measurements in Intraoral and Panoramic Dental Radiography in the Southern Region of Saudi Arabia 1. In *KKU Journal of Health Sciences-2020* Vol. 5, Issue 1. <http://journals.lww.com/kkuj>
- Anggrainingsih. 2021. Proteksi Radiasi Bagi Radiografer dan Pasien pada Pemeriksaan Pesawat Panoramik. *Unisa*.
- BAPETEN. 2020. *Nomor 4 Tahun 2020, Tentang Kesemalatan Radiasi Pada Penggunaan Pesawat Sinar-X Dalam Radiologi Diagnostik dan Intervensional*.
- BAPETEN. 2021. *Pedoman Teknis Penerapan Tingkat Panduan Diagnostik Indonesia (Indonesian Diagnostic Reference Level)*.
- Bushong. 2013. Radiologic Science for Technologists: Physics, Biology, and Protection, 11th ed. *Elsevier*.
- Choi, W. C., Kim, Y., & Kim, J. S. 2021. Comparative Evaluation of Kerma Area Product and New Fundamental of Kerma Area Product on Radiography. *Journal of Radiological Science and Technology*, **44(1)**, 53–58. <https://doi.org/10.17946/JRST.2021.44.1.53>
- Dinayawati. 2011. *Estimasi Dosis Pasien Pada Pemeriksaan Dental Panoramik*. Genealogical Pub. Co.
- Ermiza, L. 2022. Perlindungan Hukum Pemakaian Alat Perlindungan Diri Apron Untuk Pasien Pada Pemeriksaan Radiologis Panoramik. *Jurnal JISPENDIORA*, **1(1)**.
- Hadijah. 2023. Penentuan Ketepatan Titik Sudut Conus Dan Kualitas Citra Pada Pesawat X-Ray Dental Intra Oral Di Balai Pengamanan Fasilitas Kesehatan (BPFK) Makassar. *Skripsi*.
- Hiswara, E., Kartikasari, D., Nuraeni, N., Sofyan, H., & Sandy, K. Y. P. 2022. Patient Radiation Doses in Interventional Cardiology Procedure. *Atom Indonesia*, **48(2)**, 81–85. <https://doi.org/10.17146/aij.2022.1158>
- Huda, W. 2014. Kerma-area product in diagnostic radiology. *American Journal of Roentgenology*, **203(6)**, W565–W569. <https://doi.org/10.2214/AJR.14.12513>

- Ibrahim, B., & Mahmood, H. 2019. Assessment and comparative study of Entrance Skin Dose for digital panoramic x-Ray equipments. *Erbil Dental Journal*, **2(2)**, 213–217. <https://doi.org/10.15218/edj.2019.12>
- ICRP. 2007. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. *ICRP Publication 103*.
- ICRP Publication 135. 2017. Diagnostic Reference Levels in Medical Imaging. *Annals of the ICRP*, **1(46)**.
- Ilmi. 2022. Analisis Perbandingan Dosis Paparan Medik Pada Pemeriksaan Dental Intraoral Dengan Variasi Sudut Penyinaran dan Faktor Eksposi Menggunakan Phantom Perspex. *Skripsi Departemen Fisika Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanudin Makassar*.
- Kangarlou, dkk. 2022. Evaluation of Radiation Dose and Image Quality in Panoramic Radiography: A Phantom Study. *Imaging Science in Dentistry*, **52(1)**, 27–34.
- Kellerer, A. M. 2004. Weighting factors for radiation quality: how to unite the two current concepts. *Radiation Protection Dosimetry*, **110(1-4)**, 781–787.
- Kusnita Ranty. 2021. *Pengukuran Laju Paparan Radiasi Pada Ruang Pemeriksaan Di Instalasi Radiologi RSUD Petala Bumi Provinsi Riau*.
- Maridi, H. 2018. *Medical Physics, Lectures in General Physics for Medical Sciences Students Scattering of protons with stable and exotic light nuclei View project Energy dependence of the nucleon-nucleus optical potential View project*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.11965.82400/1>
- Martem, dkk. 2015. Pengukuran Dosis Radiasi Ruangan Radiologi RSGM menggunakan Surveymeter. *Jurnal Fisika Unand*, **4**.
- Martin dan Sutton. 2019. Practical Radiation Protection in Healthcare. *Oxford University Press*.
- Martin, A., & Harbison, S. 2018. *An Introduction to Radiation Protection* (7th ed.). CRC Press.

- Peo Medical. 2016. *PM1610 Persoonlijke Dosimeter voor röntgen- en Gammastraling*.
- Perka BAPETEN No.2. 2022. *Uji Kesesuaian Pesawat Sinar-X Radiologi Diagnostik dan Intervensional*.
- PPR Medik. 2021. Dosimetri. *UPT Laboratorium Terpadu UNS*.
- Rahayuddin. 2021. Pengukuran Dosis Radiasi Pada Pasien Pemeriksaan Panoramik. *Anzdoc*.
- Rani. 2020. *Uji Akurasi Alat Ukur Radiasi Pada Kasus Kebocoran Tabung Pesawat Mobile X-Ray Di BPFK Makassar*.
- Raysafe. 2020. *How to calculate KAP and DAP from dose measurements*. www.raysafe.com
- Roes. 2014. Menafsirkan: Informasi Dosis atau Laju Dosis Radiasi Yang Diterima Pasien. *Binaya Logic Consulting*.
- Sharma, Sunil, Pawar, Kantharia & Babu. 2015. *Radiation Dose to Patients from X-Ray Radiographic Examinations Using Computed Radiography Imaging System*. *Journal of Medical Physics*. **Vol. 40**
- Suci. 2020. Laju Endap Darah (LED) Paska Paparan Radiasi Sinar-X dari Radiografi Panoramik Pada Tikus Wistar. *Skripsi*.
- Suliman, I. I. 2021. *An Approach for Online Determining the Entrance Surface Air Kerma (ESAK) in Digital Radiology*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-865106/v1>
- Tahula H. (2020). Analisis INAK & ESD pada pesawat sinar- X. *Skripsi*.
- Vanella, G., Dell'Anna, G., Loria, A., Petrone, M. C., Del Vecchio, A., & Arcidiacono, P. G. 2022. Radiation exposure during modern therapeutic endoscopic ultrasound procedures and standard alternatives. *Endoscopy International Open*, **10(08)**, E1105–E1111. <https://doi.org/10.1055/a-1853-0451>
- Wil, D. J. 2023. Dental Panoramic X-ray: Cost, Procedure And What to Expect. *Dentaly*.
- Zacky. 2018. Kualitas Gambar Radiografi. *Jurnal Ilmiah Radiologi*, 1–21.