

**ANALISIS PENGARUH FAKTOR EKSPOSI
TERHADAP KUALITAS CITRA RADIOGRAFI
INTRAORAL PERIAPIKAL DI *DENTAL LEARNING*
CENTER UNIVERSITAS GADJAH MADA (UGM)**

YOGYAKARTA

TUGAS AKHIR

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



Diajukan oleh:

Nurul Aulia

21106020013

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
Y O G Y A K A R T A

PROGRAM STUDI FISIKA

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA

YOGYAKARTA

2025

HALAMAN PENGESAHAN



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-1168/Un.02/DST/PP.00.9/06/2025

Tugas Akhir dengan judul : Analisis Pengaruh Faktor Ekspose Terhadap Kualitas Citra Radiografi Intraoral Periapikal Di Dental Learning Center Universitas Gadjah Mada (UGM) Yogyakarta

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : NURUL AULIA
Nomor Induk Mahasiswa : 21106020013
Telah diujikan pada : Jumat, 13 Juni 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: 68512e1be793f



Penguji I

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

Valid ID: 6850dd8d39412



Penguji II

Dr. Widayanti, S.Si. M.Si.
SIGNED

Valid ID: 68512b34ef49c



Yogyakarta, 13 Juni 2025
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

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

Valid ID: 68513d5b394e6

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nurul Aulia

NIM 21106020013

Program Studi : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “Analisis Pengaruh Faktor Eksposi Terhadap Kualitas Citra Radiografi Intraoral Periapikal Di *Dental Learning Center* Universitas Gadjah Mada (UGM) Yogyakarta” merupakan hasil penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan 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, 11 Juni 2025

Penulis



Nurul Aulia

NIM. 21106020013

SURAT PERSETUJUAN TUGAS AKHIR



Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga



FM-UINSK-BM-05-03/R0

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 : Nurul Aulia
NIM : 21106020013
Judul Skripsi : Analisis Pengaruh Faktor Eksposi Terhadap Kualitas Citra Radiografi Intraoral Periapikal Di *Dental Learning Center* Universitas Gadjah Mada (UGM) Yogyakarta

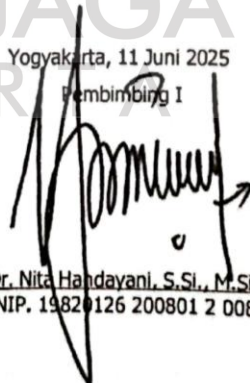
sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Fisika.

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, 11 Juni 2025

Pembimbing I


Dr. Nita Handayani, S.Si., M.Si.
NIP. 19820126 200801 2 008

**ANALISIS PENGARUH FAKTOR EKSPOSI TERHADAP KUALITAS
CITRA RADIOGRAFI INTRAORAL PERIAPIKAL DI *DENTAL
LEARNING CENTER* UNIVERSITAS GADJAH MADA (UGM)
YOGYAKARTA**

**Nurul Aulia
21106020013**

INTISARI

Radiografi intraoral merupakan salah satu modalitas pencitraan yang banyak digunakan dalam bidang kedokteran gigi. Pemahaman mengenai parameter teknis pada pesawat ini penting untuk menghasilkan kualitas citra yang optimal dalam menunjang diagnosis. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi tegangan tabung (kVp) dan arus waktu (mAs) terhadap kualitas citra radiografi intraoral berdasarkan parameter *signal to noise ratio* (SNR), *contrast to noise ratio* (CNR), dan *modulation transfer function* (MTF). Penelitian ini dilakukan menggunakan pesawat radiografi intraoral Kavo tipe *focus* dan *dental X-ray phantom*. Data citra radiografi diperoleh dengan variasi tegangan 60 kVp dan 70 kVp, serta lima variasi arus waktu (0,70 – 4,41 mAs), kemudian dianalisis menggunakan *software* IndoQCT dan Microsoft Excel dengan uji statistik regresi linier sederhana. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan mAs secara signifikan meningkatkan nilai SNR dan CNR pada tegangan 60 kVp dengan korelasi kuat. Sebaliknya, pada tegangan 70 kVp, peningkatan mAs tidak berpengaruh signifikan terhadap nilai SNR, namun tetap berpengaruh positif secara signifikan pada CNR. Peningkatan kVp dapat meningkatkan nilai SNR dan CNR, namun tidak berpengaruh terhadap MTF. Nilai MTF dengan variasi mAs menunjukkan hasil dengan fluktuasi acak akibat pengaruh *noise* dan ketepatan posisi ROI. Nilai SNR, CNR, dan MTF dari citra radiografi intraoral memenuhi standar kualitas citra yang baik. Hasil penelitian ini mendukung penggunaan tegangan 60 kVp sebagai tegangan optimal dalam pencitraan radiografi intraoral, serta mendukung proteksi radiasi dalam prinsip ALARA. Penelitian ini memberikan kontribusi dalam menjembatani kesenjangan literatur mengenai hubungan faktor eksposi dan kualitas citra dengan menganalisisnya secara komprehensif pada radiografi intraoral.

Kata Kunci: radiografi intraoral, SNR, CNR, MTF, kualitas citra

**ANALYSIS OF THE EFFECT OF EXPOSURE FACTORS ON THE IMAGE
QUALITY OF PERIAPICAL INTRAORAL RADIOGRAPHS AT THE
DENTAL LEARNING CENTER OF GADJAH MADA UNIVERSITY (UGM)
YOGYAKARTA**

Nurul Aulia
21106020013

ABSTRACT

Intraoral radiography is one of the most widely used imaging modalities in dentistry. Understanding the technical parameters of this device is important for producing optimal image quality to support diagnosis. This study aims to analyze the effect of variations in tube voltage (kVp) and exposure time (mAs) on the quality of intraoral radiographic images based on the parameters of signal-to-noise ratio (SNR), contrast-to-noise ratio (CNR), and modulation transfer function (MTF). The study was conducted using a Kavo Focus intraoral radiography unit and a dental X-ray phantom. Radiographic image data were obtained with tube voltages of 60 kVp and 70 kVp, along with five variations in exposure time (0.70 – 4.41 mAs), and analyzed using IndoQCT software and Microsoft Excel with simple linear regression statistical tests. The results showed that increasing mAs significantly improved SNR and CNR values at 60 kVp with a strong correlation. Conversely, at 70 kVp, increasing mAs did not significantly affect SNR values but still had a significant positive effect on CNR. Increasing kVp improved SNR and CNR values but did not affect MTF. MTF values with varying mAs showed results with random fluctuations due to noise and ROI positioning accuracy. SNR, CNR, and MTF values from intraoral radiographic images met good image quality standards. These findings support the use of 60 kVp as the optimal voltage for intraoral radiographic imaging and support radiation protection in accordance with the ALARA principle. This study contributes to bridging the literature gap regarding the relationship between exposure factors and image quality by comprehensively analyzing them in intraoral radiography.

Keywords: *intraoral radiography, SNR, CNR, MTF, image quality*

MOTTO

Hidup ini membutuhkan perjuangan, kesabaran, dan keikhlasan. Oleh karena itu, berusaha dan bermimpilah setinggi langit. Jika anda tidak dapat mewujudkannya, setidaknya anda tidak jatuh terlalu dalam. Anda akan jatuh di antara bintang-

bintang.



HALAMAN PERSEMBAHAN

Tugas akhir ini penulis persembahkan untuk kedua orang tua, adik-adik, serta keluarga besar yang senantiasa mendukung penulis hingga saat ini dalam keadaan apapun. Terima kasih atas setiap doa yang tak pernah putus, serta setiap pengorbanan dan letih yang tak terhitung. Tugas akhir ini merupakan wujud syukur penulis atas doa, cinta, dan pengorbanan tanpa batas.



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah Swt. atas segala limpahan rahmat dan hidayah-Nya hingga saat ini, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Analisis Pengaruh Faktor Eksposi Terhadap Kualitas Citra Radiografi Intraoral Periapikal Di *Dental Learning Center* Universitas Gadjah Mada (UGM) Yogyakarta” sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga. Penulis menyadari bahwa penyusunan tugas akhir ini tidak terlepas dari dukungan, semangat, serta bimbingan dari berbagai pihak, baik bersifat moral maupun materi. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak dan Ibu penulis yang telah memberikan doa, cinta, sayang, semangat, dukungan, dan motivasi selama menjalani pendidikan hingga saat ini.
2. Ibu Dr. Widayanti, S.Si., M.Si. selaku ketua Program Studi Fisika.
3. Ibu Dr. Nita Handayani, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing atas bimbingan, arahan, serta motivasi yang diberikan kepada penulis, sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Ibu Dr. drg. Rini Widyaningrum, M.Biotech., yang telah memberikan arahan kepada penulis selama melakukan penelitian di DLC FKG UGM.
5. Bapak Cahyo dan Ibu Okta selaku radiografer di laboratorium radiologi DLC FKG UGM yang telah memberikan arahan, serta meluangkan waktu dan tenaga kepada penulis selama melakukan penelitian.

6. Seluruh Bapak Ibu dosen Program Studi Fisika UIN Sunan Kalijaga yang telah memberikan ilmu dan pengalamannya kepada penulis.
7. Ibu Hj. Muizah, S.Pd.I beserta keluarga yang telah memberikan dukungan dan kontribusi nyata dalam pembiayaan pendidikan tinggi kepada penulis.
8. Bunda Prof. Dr. Hj. Aliyah Alganis Rasyid Baswedan, M.Pd., Bunda Rennta Chrisdiana Awie, M.Sc., Bunda Endang Nunik Yuniati S.Si., Bunda dr. Ratna Dewi Puspita, M.Sc., dan seluruh pengurus Yayasan Amal Abadi Beasiswa Orbit Hasri Ainun Habibie Yogyakarta yang telah memberikan dukungan dan motivasi selama penulis menjalani pendidikan sarjana.
9. Teman-teman terdekat penulis diantaranya, Nisa, Ulfa, Nisrina, Andini, Khurnia, Ulya, Nabila, Nurul, Erlita, Dea, dan Icha yang selalu membersamai penulis, memberikan motivasi dan saling menguatkan selama menjalani studi.
10. Teman-teman *Study Club* Biofisika dan Fisika Medis serta Fisika angkatan 2021 yang telah membersamai penulis dalam menjalani perkuliahan.
11. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Dalam penyusunan tugas akhir ini masih terdapat kekurangan dan ketidaksempurnaan di dalamnya. Oleh karena itu, saran dan kritik yang bersifat membangun dari semua pihak sangat diharapkan. Penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat dan menambah ilmu pengetahuan bagi penulis, pembaca, dan pihak lainnya.

Yogyakarta, Mei 2025

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	iii
SURAT PERSETUJUAN TUGAS AKHIR	iv
INTISARI	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
MOTTO	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR ISTILAH.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	7
1.3 Tujuan Penelitian.....	7
1.4 Batasan Penelitian	8
1.5 Manfaat Penelitian.....	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	10
2.1 Studi Pustaka	10
2.2 Landasan Teori	16
2.2.1 Sinar-X.....	16
2.2.2 Interaksi Sinar-X dengan Bahan	19
2.2.3 Anatomi Gigi.....	22
2.2.4 Radiografi Intraoral.....	24
2.2.5 Kualitas Citra	26
2.2.6 Faktor Teknis Eksposi.....	31
2.2.7 Dosis Radiasi Sinar-X.....	33
2.2.8 Efek Radiasi Sinar-X	34
2.2.9 <i>Software</i> IndoQCT	35
2.2.10 <i>Software</i> Microsoft Excel	36
BAB III METODE PENELITIAN	38
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	38

3.2 Alat dan Bahan Penelitian	38
3.3 Prosedur Penelitian.....	39
3.3.1 Studi Pustaka.....	40
3.3.2 Persiapan Alat dan Bahan	40
3.3.3 <i>Set Up</i> Alat Radiografi Intraoral	40
3.3.4 Paparan Radiasi Sinar-X dengan Variasi Eksposi.....	42
3.3.5 <i>Scanning</i> Citra dari <i>Imaging Plate</i> (IP)	44
3.3.6 Pengolahan Citra menggunakan <i>software</i> IndoQCT dan Microsoft Excel	44
3.4 Metode Analisa Data	51
3.4.1 Pengaruh kVp dan mAs terhadap Nilai SNR.....	51
3.4.2 Pengaruh kVp dan mAs terhadap Nilai CNR.....	52
3.4.3 Pengaruh kVp dan mAs terhadap Nilai MTF	53
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	57
4.1 Hasil Penelitian.....	57
4.1.1 Hasil Pengolahan SNR.....	58
4.1.2 Hasil Pengolahan CNR	60
4.1.3 Hasil Pengolahan MTF	61
4.2 Pembahasan	65
4.2.1 Pengaruh kVp dan mAs terhadap SNR.....	65
4.2.2 Pengaruh kVp dan mAs terhadap CNR	69
4.2.3 Pengaruh kVp dan mAs terhadap MTF	73
BAB V PENUTUP	80
5.1 Kesimpulan.....	80
5.2 Saran.....	81
DAFTAR PUSTAKA.....	82
LAMPIRAN.....	89

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Studi Pustaka Penelitian	14
Tabel 3.1 Alat dan Bahan Penelitian.....	38
Tabel 3.2 Pengambilan data untuk SNR dengan arus konstan (7 mA).....	52
Tabel 3.3 Pengambilan data untuk CNR dengan arus konstan (7 mA)	53
Tabel 3.4 Pengambilan data untuk MTF dengan arus konstan (7 mA)	55
Tabel 4.1 Nilai SNR citra radiografi intraoral	59
Tabel 4.2 Nilai CNR citra radiografi intraoral.....	60
Tabel 4.3 Nilai MTF dengan filter gaussian pada citra radiografi intraoral	62



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tabung sinar-X.....	17
Gambar 2.2 Proses terbentuknya sinar-X karakteristik dan spektrumnya.....	18
Gambar 2.3 Proses terbentuknya sinar-X bremsstrahlung dan spektrumnya.....	19
Gambar 2.4 Struktur anatomi gigi.....	22
Gambar 2.5 Susunan gigi permanen.....	23
Gambar 2.6 Pesawat Sinar-X gigi radiografi intraoral (a) dan bagian-bagian tube head (b).....	25
Gambar 2.7 Citra radiografi intraoral periapikal.....	26
Gambar 2.8 <i>Noise</i> gaussian (a) dan <i>noise</i> impuls (b).....	28
Gambar 2.9 Tampilan <i>Software</i> IndoQCT.....	36
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....	39
Gambar 3.2 Kontrol panel pada radiografi intraoral di DLC FKG UGM.....	41
Gambar 3.3 Posisi IP (a) dan film holder atau indikator konus (b).....	42
Gambar 3.4 Indikator konus sesuai dengan arah dari konus.....	43
Gambar 3.5 Tampilan <i>software</i> IndoQCT v25c.....	45
Gambar 3.6 Proses pengolahan citra pada <i>software</i> IndoQCT untuk nilai MTF.....	49
Gambar 3.7 Grafik ESF, LSF, dan MTF.....	54
Gambar 4.1 Citra radiografi intraoral pada gigi posterior mandibula regio kanan.....	58
Gambar 4.2 Hasil regresi SNR vs mAs berdasarkan (a) <i>software</i> dan (b) teori pada tegangan 60 kVp dan 70 kVp.....	60
Gambar 4.3 Hasil regresi CNR vs mAs berdasarkan (a) <i>software</i> dan (b) teori pada tegangan 60 kVp dan 70 kVp.....	61
Gambar 4.4 Grafik ESF, LSF, dan MTF pada 1,75 mAs (0,25 s) area ROI kiri untuk nonfilter.....	63
Gambar 4.5 Grafik ESF, LSF, dan MTF pada 1,75 mAs (0,25 s) area ROI kiri dengan filter gaussian.....	64

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Pengambilan ROI pada pengolahan SNR, CNR, dan MTF ..	89
Lampiran 2. Tabel Pengolahan SNR, CNR, dan MTF	99
Lampiran 3. Grafik ESF, LSF, dan MTF pada Pengolahan MTF dengan filter gaussian (ROI kiri dan pengulangan ke-3)	103
Lampiran 4. Tabel Hasil Regresi Linier Sederhana.....	107
Lampiran 5. Dokumentasi Penelitian	111



DAFTAR ISTILAH

<u>Istilah</u>	<u>Arti</u>
ALARA	: <i>As Low As Reasonably Achievable</i>
Anova	: Metode statistik berupa <i>analysis of variance</i>
BAPETEN	: Badan pengawas tenaga nuklir
CNR	: <i>Contrast to noise ratio</i>
Dental IP	: <i>Dental imaging plate</i>
Dentin	: Bagian gigi yang lembut yang dapat melindungi pulpa
Dicom	: <i>Digital imaging and communications in medicine</i>
Distribusi poisson	: Distribusi probabilitas yang digunakan untuk memodelkan distribusi <i>noise</i> kuantum atau fluktuasi acak pada proses pencitraan medis
ESF	: <i>Edge spread function</i>
Frekuensi spasial	: Ukuran jumlah perubahan intensitas pada citra per satuan panjang
HU	: <i>Hounsfield Unit</i>
Kernel	: Matriks kecil yang digunakan dalam pemrosesan citra digital
kVp	: <i>Kilovolt-peak</i>
lp/mm	: <i>Line pairs per milimeter</i>
LSF	: <i>Line spread function</i>
mAs	: <i>MiliAmpere sekon</i>

Molar	: Gigi geraham besar yang berfungsi untuk menggiling makanan
MTF	: <i>Modulation transfer function</i>
Noise	: Gangguan acak dalam citra
Periapikal	: Jaringan di sekitar akar gigi
Piksel	: <i>Picture element</i> , unit terkecil dari citra digital yang merepresentasikan satu titik dalam citra
Posterior mandibula	: Rahang bawah area belakang
Pulpa gigi	: Rongga di dalam gigi yang mengandung saraf dan pembuluh darah
Resolusi kontras	: Kemampuan sistem pencitraan untuk membedakan perbedaan intensitas yang sangat kecil pada citra
Resolusi spasial	: Kemampuan sistem pencitraan dalam mengidentifikasi objek secara detail
ROI	: <i>Region of interest</i>
<i>Sigma space</i>	: Parameter yang mengatur seberapa besar pengaruh jarak spasial antar piksel terhadap proses perataan
SNR	: <i>Signal to noise ratio</i>

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penyakit gigi dan mulut merupakan salah satu penyakit yang banyak ditemukan di dunia, termasuk Indonesia. Salah satu jenis penyakit tersebut adalah gigi berlubang atau karies gigi. Menurut data Kemenkes Direktorat Jenderal Pelayanan Kesehatan Republik Indonesia tahun 2022, karies dapat memengaruhi sekitar 60% – 80% populasi dan merupakan penyakit dengan peringkat ke-6 yang paling umum diderita oleh masyarakat Indonesia. Kerusakan gigi dapat membahayakan kesehatan mulut dan mengakibatkan hilangnya gigi pada semua usia. Karies yang tidak diobati dengan benar dapat menyebar ke bagian pulpa atau dentin. Mikroorganisme dapat dengan mudah menembus pulpa hingga ke jaringan periapikal dan menyebabkan infeksi (Giri & Utama, 2020).

Penyakit gigi dan mulut, seperti karies, dapat dicegah dengan cara menjaga kebersihan di area tersebut. Sejak zaman dahulu, manusia menjaga kebersihan mulut dengan membersihkan gigi menggunakan bahan yang sederhana. Dalam agama Islam, Nabi Muhammad SAW menganjurkan untuk menggunakan kayu siwak sebagai alat untuk menjaga gigi dan mulut agar tetap bersih (Budiarti, 2014).

Hal ini sesuai dengan hadits berikut:

لَوْلَا أَنِّي أُشَقِّ عَلَى أُمَّتِي أَوْ عَلَى النَّاسِ لِأَمَرْتُهُمْ بِالسِّوَاكِ مَعَ كُلِّ صَلَاةٍ

Artinya: “*Sekiranya arahanku tidak memberatkan umat mukmin, niscaya aku akan memerintahkan mereka untuk bersiwak (menggosok gigi) setiap kali mereka akan mendirikan shalat*” (H.R Bukhari dan Muslim).

Berdasarkan hadits di atas, dapat disimpulkan bahwa menjaga kebersihan gigi telah dianjurkan dalam Islam sejak lama. Penggunaan siwak merupakan tradisi membersihkan gigi dan rongga mulut menurut Islam. Hadits tersebut menegaskan pentingnya menjaga kebersihan, terutama gigi, untuk mencegah berbagai penyakit gigi. Dengan demikian, anjuran untuk bersiwak (membersihkan gigi) yang diajarkan oleh Nabi Muhammad SAW selaras dengan pentingnya menjaga kesehatan gigi yang juga ditegaskan dalam ilmu kedokteran gigi (Budiarti, 2014).

Selain menjaga kebersihan gigi sebagai langkah pencegahan berbagai penyakit, teknologi kedokteran gigi juga berperan penting dalam menjaga kesehatan gigi melalui prosedur diagnostik dalam diagnosis dini. Dalam beberapa kasus, dokter gigi biasanya akan menyarankan pasien untuk menjalani foto *rontgen* untuk mendeteksi masalah gigi yang mungkin tidak terlihat secara kasat mata. Foto *rontgen* tersebut menggunakan radiografi dua dimensi, seperti radiografi intraoral, *dental panoramic*, dan sefalometri. Pemeriksaan ini sangat penting untuk mendapatkan citra gigi yang jelas dengan kondisi internal gigi dan jaringan di sekitarnya, sehingga dokter dapat mendiagnosis dan mengambil tindakan secara tepat (Giri & Utama, 2020).

Seiring dengan meningkatnya kebutuhan diagnostik yang lebih akurat, teknologi *imaging* atau pencitraan terutama radiografi terus berkembang dengan pesat. Radiografi tidak hanya digunakan dalam bidang kedokteran saja, tetapi juga dalam bidang lainnya seperti di bidang industri yang digunakan untuk membantu inspeksi kualitas produk. Pesawat radiografi merupakan suatu alat pencitraan yang menggunakan radiasi pengion untuk menghasilkan citra internal dua dimensi dari

suatu objek atau sampel (Fahrurrozi dkk., 2015). Salah satu jenis pesawat radiografi yang banyak digunakan dalam bidang kedokteran gigi adalah radiografi intraoral. Hampir semua perawatan gigi dan mulut membutuhkan pemeriksaan radiografi agar prosedur yang dilakukan dapat optimal hasilnya. Salah satu contoh dari radiografi intraoral adalah radiografi periapikal yang dapat membantu memperkirakan daerah yang mungkin untuk dipasang implan gigi serta mempermudah dalam perawatan endodontik atau perawatan saluran akar (Yunus dkk., 2021).

Pemahaman mengenai parameter teknis pada pesawat radiografi, khususnya radiografi intraoral menjadi semakin penting, sehingga hasil pencitraan dapat optimal dan dapat dianalisis untuk keperluan diagnosis. Hal ini dikarenakan parameter tersebut yaitu tegangan tabung (kVp) dan arus (mAs) dapat berpengaruh terhadap kualitas citra dan juga dosisnya. Jika kedua parameter tersebut maksimal, maka citra yang dihasilkan akan tampak jelas. Namun, jika nilai kedua parameter tersebut semakin besar, maka jumlah radiasi yang dipancarkan juga akan semakin besar. Dalam hal ini, tegangan tabung (kVp) akan memengaruhi energi radiasi sinar-X yang dihasilkan, sedangkan arus (mAs) berperan langsung dalam menentukan jumlah intensitas dan foton radiasi sinar-X yang dihasilkan. Peningkatan jumlah radiasi ini berdampak pada dosis radiasi yang diterima objek. Oleh karena itu, diperlukan pengaturan parameter yang optimal agar dosis radiasi yang diterima objek tetap minimal tanpa mengurangi kualitas citra (Aizah, 2023). Hal ini sesuai dengan prinsip *As Low As Reasonably Achievable* (ALARA) yang dibuat oleh *International Commission on Radiological Protection* (ICRP) mengenai dosis

radiasi yang diterima oleh setiap individu yang terdiri dari justifikasi, optimasi, dan limitasi. Prinsip ini menunjukkan bahwa keuntungan (dalam hal kualitas citra untuk diagnosis) yang diperoleh harus lebih besar daripada risiko yang dihadapinya (Irsal & Winarno, 2020). Hal tersebut juga berlaku pada radiografi intraoral yang paparan dosis radiasinya relatif kecil.

Selain parameter tersebut, terdapat tiga aspek dasar yang berpengaruh terhadap kualitas citra. Aspek pertama yaitu aspek resolusi spasial yang membahas mengenai kemampuan sistem pencitraan dalam mengidentifikasi objek secara detail. Aspek kedua yaitu *noise* (derau) yang membahas mengenai gangguan acak atau artefak pada citra. Aspek ketiga yaitu *signal to noise ratio* (SNR) yang merupakan perbandingan antara sinyal yang diinginkan dengan gangguan *noise* dalam sistem pencitraan. Jika nilai sinyal semakin tinggi, maka semakin baik kualitas citranya. Ketiga aspek tersebut harus diperhatikan untuk menentukan metode kontrol kualitas citra digital (Louk & Suparta, 2014).

Kualitas citra juga dapat dinilai berdasarkan parameter kontras atau *contrast to noise ratio* (CNR) pada citra radiografi (Azhara dkk., 2023; Rozanah dkk., 2015). CNR merupakan perbandingan antara *mean ROI (region of interest)* objek dan *mean ROI latar belakang (background)* yang dibagi dengan standar deviasi latar belakang. Citra dengan nilai CNR yang tinggi akan memudahkan dokter dalam melakukan diagnosis, sedangkan citra dengan nilai CNR yang rendah akan menyulitkan diagnosis secara tepat. Dengan kata lain, CNR yang tinggi akan semakin baik dan meningkat kualitas citranya (Muttaqin & Susilo, 2017). CNR menentukan kemampuan sistem pencitraan dalam mendeteksi objek dengan

perbedaan densitas yang sangat kecil terhadap latar belakangnya, sehingga berkaitan dengan resolusi kontras rendah, yaitu kemampuan sistem untuk membedakan objek yang memiliki perbedaan kontras minimal (Azhara dkk., 2023). Sementara itu, *modulation transfer function* (MTF) digunakan untuk menentukan resolusi spasial dengan kontras tinggi yang menjelaskan ketelitian spasial dengan mempertimbangkan aspek pengaburan (Krisnadi, 2017). MTF menentukan kemampuan sistem untuk mempertahankan kontras tinggi dan *noise* rendah pada berbagai frekuensi spasial (Azhara dkk., 2023).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Azhari dkk. (2020), telah dikaji mengenai pengaruh variasi faktor eksposi yaitu tegangan tabung (kVp) dan arus (mAs) terhadap kualitas citra termasuk keseragaman citra atau homogenitas citra, *noise*, dan SNR pada *dental cone beam computed tomography* (CBCT). Peningkatan tegangan tabung (kVp) dan arus (mAs) pada penelitian tersebut menyebabkan citra lebih homogen, *noise* lebih kecil, dan nilai SNR yang bervariasi. Pada penelitian Maciel dkk. (2022), telah dikaji pengaruh *automatic exposure compensation* (AEC) terhadap citra radiografi digital intraoral berdasarkan nilai keabuan (*gray value*) pada jaringan gigi. Selain itu, Azhara dkk. (2023) telah mengkaji mengenai kualitas citra dari phantom AAPM dengan variasi arus tabung dan tebal irisan pada CT Scan. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa semakin besar nilai arus tabung dan tebal irisan, maka nilai MTF dan CNR akan semakin tinggi.

Meskipun banyak penelitian yang mengkaji mengenai pengaruh faktor eksposi terhadap kualitas citra, belum ada yang secara spesifik meneliti pengaruh

variasi eksposi terhadap kualitas citra pada radiografi digital intraoral. Penelitian Maciel dkk. (2022) hanya mengkaji satu aspek saja, yaitu derajat keabuan dari *automatic exposure compensation* (AEC) dengan variasi tegangan tabung (kVp) dan waktu eksposi. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh variasi faktor eksposi, yaitu tegangan tabung (kVp) dan arus (mAs) terhadap nilai SNR, CNR, dan MTF pada radiografi intraoral.

Penelitian ini dilakukan pada radiografi intraoral karena modalitas tersebut merupakan metode pencitraan yang paling umum digunakan dalam kedokteran gigi untuk mendiagnosis berbagai kondisi. Dalam radiografi intraoral, perbedaan densitas dari jaringan keras dan lunak menyebabkan penyerapan sinar-X yang berbeda. Jaringan keras seperti enamel cenderung menyerap sinar-X melalui proses fotolistrik, sedangkan jaringan lunak mengalami hamburan Compton. Kualitas citra akan berpengaruh terhadap kondisi tersebut. Rendahnya nilai SNR dapat menyebabkan struktur jaringan sulit untuk dibedakan. Oleh karena itu, sangat penting untuk mengoptimalkan teknik pencitraan dengan mempertimbangkan aspek proteksi radiasinya untuk memperoleh hasil citra yang optimal.

Optimasi kualitas citra pada radiografi intraoral sangat penting untuk memastikan hasil diagnostik yang akurat, sehingga penelitian ini dapat menerapkan prinsip ALARA dalam bidang kedokteran gigi. Hal tersebut dikarenakan menurut Azhara dkk. (2023), parameter MTF dan CNR merupakan kriteria utama dalam membandingkan protokol dosis tinggi dan dosis rendah yang dipengaruhi oleh karakteristik dari suatu objek. Meskipun faktor eksposi juga berpengaruh terhadap dosis radiasi, dalam penelitian ini hanya aspek kualitas citra yang dikaji tanpa

disertai pengukuran dosis, agar ruang lingkup tetap terfokus pada tujuan utama, yaitu analisis kualitas citra. Penelitian ini juga dapat menjembatani kesenjangan dalam literatur mengenai hubungan faktor eksposi dan kualitas citra dengan menganalisisnya secara komprehensif pada radiografi intraoral.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh tegangan tabung (kVp) dan arus waktu (mAs) terhadap kualitas citra radiografi intraoral berdasarkan nilai *signal to noise ratio* (SNR)?
2. Bagaimana pengaruh tegangan tabung (kVp) dan arus waktu (mAs) terhadap kualitas citra radiografi intraoral berdasarkan nilai *contrast to noise ratio* (CNR)?
3. Bagaimana pengaruh tegangan tabung (kVp) dan arus waktu (mAs) terhadap kualitas citra radiografi intraoral berdasarkan nilai *modulation transfer function* (MTF)?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis pengaruh tegangan tabung (kVp) dan arus waktu (mAs) terhadap kualitas citra radiografi intraoral berdasarkan nilai *signal to noise ratio* (SNR).
2. Menganalisis pengaruh tegangan tabung (kVp) dan arus waktu (mAs) terhadap kualitas citra radiografi intraoral berdasarkan nilai *contrast to noise ratio* (CNR).

3. Menganalisis pengaruh tegangan tabung (kVp) dan arus waktu (mAs) terhadap kualitas citra radiografi intraoral berdasarkan nilai *modulation transfer function* (MTF).

1.4 Batasan Penelitian

Batasan penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini dilakukan di laboratorium radiologi lantai 1 *Dental Learning Center* (DLC) Fakultas Kedokteran Gigi (FKG) UGM dengan menggunakan modalitas radiografi digital intraoral periapikal merek kavo dengan tipe *focus*.
2. Detektor sinar-X yang digunakan dalam penelitian ini berupa detektor *indirect* yaitu *dental imaging plate* (IP) *tube side size 2* yang diletakkan di area gigi posterior mandibula regio kanan.
3. Penelitian ini menggunakan *scanner* dengan merek kavo *scan exam one*.
4. Penelitian ini menggunakan objek berupa phantom kepala dewasa atau *dental X-ray phantom*.
5. Penelitian ini menggunakan arus konstan yaitu 7 mA dan *source to skin distance* (SSD) yang konstan yaitu 20 cm dengan menggunakan teknik paralel (menggunakan *film holder*).
6. Penelitian ini menganalisis area gigi molar pertama.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini dapat memberikan kajian mengenai pengaruh faktor eksposi terhadap kualitas citra pada radiografi intraoral, khususnya pada periapikal.

2. Penelitian ini dapat digunakan oleh pihak rumah sakit, terutama oleh radiolog, radiografer, dan dokter gigi dalam mendiagnosis dan mengoperasikan radiografi intraoral.
3. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi sarana dalam mengimplementasikan pengetahuan terkait faktor eksposi pada radiografi intraoral.
4. Penelitian ini dapat dijadikan sebagai bahan referensi untuk dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai modalitas radiografi intraoral.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai analisis pengaruh faktor eksposi terhadap kualitas citra radiografi intraoral periapikal di *Dental Learning Center* Universitas Gadjah Mada (UGM) Yogyakarta diperoleh beberapa kesimpulan berikut.

1. Kualitas citra radiografi intraoral dipengaruhi oleh variasi arus waktu dan tegangan, dengan SNR sebagai parameter penting dalam penilaiannya. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai SNR meningkat secara signifikan seiring dengan peningkatan arus waktu (mAs) dan tegangan (kVp). Namun, hasil optimal didapat pada tegangan 60 kVp dengan arus waktu 4,41 mAs. Sementara itu, pada tegangan 70 kVp terjadi *high exposure* (terutama pada arus waktu 4,41 mAs) yang menyebabkan hasil citra menjadi lebih gelap. Hal ini sejalan dengan rekomendasi dokter gigi dan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa penggunaan tegangan 60 kVp lebih sesuai untuk radiografi intraoral.
2. CNR merupakan parameter penting dalam menilai kualitas citra radiografi intraoral. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan kVp akan meningkatkan nilai CNR. Hal ini dikarenakan CNR bukan hanya dipengaruhi oleh kontras saja, tetapi juga dipengaruhi oleh *noise*. Peningkatan mAs pada penelitian ini juga menimbulkan nilai CNR yang meningkat secara signifikan.

Namun, peningkatan mAs juga tidak selalu linier terhadap nilai CNR, karena CNR sangat dipengaruhi oleh *noise* dan juga faktor posisi pencitraan.

3. Variasi kVp dan mAs pada penelitian ini menghasilkan nilai MTF 50% dan MTF 10% yang fluktuatif, sehingga tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan dan pola yang konsisten. Hal tersebut terjadi karena adanya pengaruh *noise*, posisi ROI, dan ketepatan posisi *dental imaging plate* (IP). Secara teori, peningkatan kVp tidak berpengaruh terhadap MTF, sedangkan peningkatan mAs seharusnya meningkatkan nilai MTF. Namun, hasil penelitian ini tidak mendukung adanya pengaruh yang signifikan pada variasi mAs. Nilai MTF 10% pada penelitian ini memenuhi standar BAPETEN no. 4 tahun 2020, yaitu $> 0,5$ lp/mm, sedangkan MTF 50% pada penelitian ini memiliki nilai lebih kecil dari MTF 10%. Hal ini menunjukkan bahwa citra radiografi intraoral pada penelitian ini memiliki resolusi spasial yang baik.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, terdapat beberapa kekurangan yang dapat diperbaiki pada penelitian selanjutnya, diantaranya yaitu:

1. Pengumpulan data dilakukan dengan memperluas variasi faktor eksposi.
2. Posisi *dental imaging plate* (IP) dan ROI harus presisi agar permukaan gigi sejajar dengan tepi *dental* IP dan *noise* dapat akurat sesuai variasi eksposi.
3. Melakukan analisis MTF pada phantom dengan kontras tinggi, struktur homogen, dan lurus pada bagian ROI yang akan diambil, tanpa filter tambahan selama hasil sesuai literatur, sehingga tidak dilakukan pendekatan seperti penambahan filter gaussian.

DAFTAR PUSTAKA

- Adeline, N., Anwar, C., Kartikasari, Y., & Rose, L. 2023. *Low Dose CT Scan Thorax*. CV Arta Media. Banyumas.
- Aizah, H. S. 2023. *Pengaruh Faktor Eksposi terhadap Dosis Radiasi dan Kualitas Citra Pesawat Radiografi Umum pada Pemodelan Phantom Thoraks*. (Tugas Akhir), Program Studi Fisika, FST, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang.
- Akhadi, M. 2006. Analisis Unsur Kelumit Melalui Pancaran Sinar-X Karakteristik. *Buletin Alara*, **Vol.8 No.1** : 11–19.
- Akhadi, M. 2020. *Sinar-X Menjawab Masalah Kesehatan*. Deepublish. Yogyakarta.
- Ali, M. M., Hariyati, T., Pratiwi, M. Y., & Afifah, S. 2022. Metodologi Penelitian Kuantitatif dan Penerapannya dalam Penelitian. *Education Journal*, **Vol.2 No.2 Januari 2022** : 1–6.
- Ali, N., Azmi, M. S. M., & Majid, Z. A. A. 2018. Investigation of Different Exposure Settings for Image Quality and Entrance Skin Dose. *International Journal of Allied Health Sciences*, **Vol.2 No.2 Desember 2018** : 329–338. <https://doi.org/10.31436/ijahs.v2i2.168>
- Amalia, D. E. N. 2020. Rekonstruksi Spektrum Sinar-X Mamografi Menggunakan Hamburan Compton dan Hamburan Rayleigh. *Fisika Universitas Diponegoro*, 1–5.
- Amaliyah, R. 2020. *Analisis Penentuan Dosis Efektif CT Scan Berdasarkan Usia pada Bagian Otak (Brain) di Instalasi Radiologi RSI Sultan Agung Semarang*. (Tugas Akhir), Program Studi Fisika, FST, Universitas Islam Negeri Walisongo, Semarang.
- Anam, C., Fujibuchi, T., Haryanto, F., Budi, W. S., Sutanto, H., Adi, K., Muhlisin, Z., & Dougherty, G. 2019. Automated MTF Measurement in CT Images with a Simple Wire Phantom. *Polish Journal of Medical Physics and Engineering*, **Vol.25 No.3 September 2019** : 179–187. <https://doi.org/10.2478/pjmpe-2019-0024>
- Anam, C., Naufal, A., Budi, W. S., Sutanto, H., Haryanto, F., & Dougherty, G. 2023. *Manual IndoQCT Version 22a: Software for Evaluating the Quality of Computed Tomography Images*. Undip Press. Semarang.
- Anam, C., Naufal, A., Sutanto, H., & Dougherty, G. 2022. Computational Phantoms

- for Investigating Impact of Noise Magnitude on Modulation Transfer Function. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, **Vol.27 No.3 September 2022** : 1428–1437. <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v27.i3.pp1428-1437>
- Anastasiou, A., Papastamati, F., Bakas, A., Michail, C., Koukou, V., Martini, N., Ninos, K., Lavdas, E., Valais, I., Fountos, G., Kandarakis, I., & Kalyvas, N. 2020. Spatial Frequency Domain Analysis of a Commercially Available Digital Dental Detector. *Measurement*, **Vol.151**. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2019.107171>
- Arifah, A. N., Kartikasari, Y., & Murniati, E. 2021. Analisis Perbandingan Nilai Signal to Noise Ratio (SNR) pada Pemeriksaan MRI Ankle Joint dengan Menggunakan Quad Knee Coil dan Flex/MultiPurpose Coil. *Jurnal Imeging Diagnostik (JImeD)*, **Vol.3 No.1** : 220–224.
- Artitin, C. 2023. *Biologi Radiasi*. Deepublish. Yogyakarta.
- Aryani, N. P., Anggara, A. D., Akhlis, I., & Nisa, K. A. 2021. Analisis Pengaruh Penggunaan Faktor Eksposi Terhadap Kualitas Citra Radiografi Phantom Air Berdasarkan Nilai Mean Square Error (MSE). *Upej*, **Vol.11 No.1 April 2021** : 115–119. <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/upej>
- Astuti, L. A. 2018. Anatomi dan Embriologi Gigi. In *Agma*. Agma. Makassar.
- Azhara, M. F., Dewang, S., Astuty, S. D., Rosyidah, U., & Samad, B. A. 2023. Analisis Modulation Transfer Function (MTF) dan Contras-To-Noise Ratio (CNR) Untuk Optimasi Kualitas Citra CT Scan. *Berkala Fisika*, **Vol.26 No. 1 Januari 2023** : 1–7.
- Azhari, Hutasoit, Y., & Haryanto, F. 2020. The Influence of Alteration of kVp and mAs Towards the Image Quality of Acrylic Using CBCT. *Key Engineering Materials*, **Vol.829** : 252–257. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.829.252>
- Boel, T. 2019. *Dental Radiografi Prinsip dan Teknik* (Edisi Revi). USU Press. Medan.
- Budiarti, R. 2014. Tingkat Keimanan Islam dan Status Karies Gigi. *J Heal Qual*, **Vol.5 No.1** : 1–8.
- Bushberg, J. T., Seibert, J. A., Leidholdt, E. M. J., & Boone, J. M. 2012. *The Essential Physics of Medical Imaging* (3rd ed). Lippincott Williams & Wilkins. Philadelphia, PA, USA.
- Dewi, I. K., & Sitam, S. 2020. Teknik Modifikasi Ekstraoral Radiografi Newman dan Friedman sebagai Alternatif Radiografi Intraoral Periapikal pada Masa Pandemi COVID-19. *Radiologi Dentomaksilofasial Indonesia*, **Vol.4 No.2**

Agustus 2020 : 43–46. <https://doi.org/10.32793/jrdi.v4i2.526>

Fahrurrozi, Juliyani, & Setiawan. 2015. Analisa Cacat Makro Dan Porositas Injektor Diesel Menggunakan Tomografi Neutron. *Prosiding Sentrinov*, **Vol.1 No.1** : 192–202.

Fidya. 2018. *Anatomi Gigi dan Mulut*. UB Press. Malang.

Fuadi, N., Jusli, N., & Harmini. 2022. Pemantauan Dosis Perorangan Menggunakan Thermoluminescence Dosimeter (TLD) Di Wilayah Papua dan Papua Barat Tahun 2020-2021. *Jurnal Sains Fisika*, **Vol.2 No.1** : 63–74. <http://journal.uin-alaud.ac.id/index.php/sainfis>

Giri, P. R. K., & Utama, I. G. K. P. 2020. Pulpektomi Teknik Crowndown Pressureless dan Step Back disertai Restorasi Onlay Logam pada Gigi Molar Pertama Kanan Mandibula Pulpitis Irreversibel disertai Karies Kelas I Profunda Perforasi pada Mesiooklusal. *Bali Dental Journal*, **Vol.4 No. 1 Januari 2020** : 60–63.

Gunawan, M., Astuty, S. D., Dewang, S., & Purwanto. 2024. Identifikasi Level Noise, Resolusi Spasial Dan Low Contrast Citra CT Scan Pada Objek Fantom Rahim Buatan. *Berkala Fisika*, **Vol.27 No.2 Juli 2024** : 80–88.

Houffrar, J., Ludwig, B., Bister, D., Nienkemper, M., Abkai, C., & Venugopal, A. 2022. The Effects of Additional Filtration on Image Quality and Radiation Dose in Cone Beam CT: An In Vivo Preliminary Investigation. *Biomed Research International*, **Vol.2022 Maret 2022**. <https://doi.org/10.1155/2022/7031269>

Hung, K. F., Hui, L., Wai, A., Yeung, K., Jacobs, R., Leung, Y. Y., & Bornstein, M. M. 2022. An Analysis of Patient Dose Received During Cone-Beam Computed Tomography in Relation to Scan Settings and Imaging Indications as Seen in a Dental Institution in Order to Establish Institutional Diagnostic Reference Levels. *Dentomaxillofacial Radiology*, **Vol.51 No.5 Maret 2022** : 1–13. <https://doi.org/10.1259/dmfr.20200529>

Irsal, M., Syuhada, F. A., Ananda, Y. P., Putra, A. G. P., Syahputera, M. R., Wibowo, S., & Kahar, R. 2020. Measurement of Radiation Exposure in Facilities for Radiology Diagnostic at the Covid-19 Emergency Hospital in Wisma Atlet Jakarta. *Journal of Vocational Health Studies*, **Vol.4 No.2 November 2020** : 55–61. <https://doi.org/10.20473/jvhs.v4.i2.2020.55-61>

Irsal, M., & Winarno, G. 2020. Pengaruh Parameter Milliampere-Second (mAs) Terhadap Kualitas Citra Dan Dosis Radiasi Pada Pemeriksaan CT scan Kepala Pediatrik. *Jurnal Fisika Flux*, **Vol.17 No.1 Februari 2020** : 1–8. <https://doi.org/10.20527/flux.v17i1.7085>

- Jumardin, Manarang, H. D., Umar, E. P., Normawati, S., & Harmiati, S. 2024. Analisis Kualitas Citra Tegangan 48 kV dan 50 kV Pesawat Sinar-X Pada Pasien Covid-19 dengan Menggunakan Software ImageJ. *Progressive Physics Journal*, **Vol.5 No.2 Desember 2024** : 435–447. <https://doi.org/10.30872/ppj.v5i2.1433>
- Kapshe, N., Pujar, M., & Jaiswal, S. 2020. Cone Beam Computed Tomography: A Review. *International Journal of Oral Health Dentistry*, **Vol.6 No.2 Juli 2020** : 71–77. <https://doi.org/10.18231/j.ijohd.2020.017>
- Karaaslan, M. K., Avc, O. M., Muzoglu, N., & Gundogdu, O. 2022. Effect of X-Ray Tube Voltage and Radiation Dose on Modulation Transfer Function in Digital Mammography. *Medical Technologies Congress (Tiptekno)*, **November 2022** : 21–23. <https://doi.org/10.1109/TIPTEKNO56568.2022.9960162>
- Krisnadi, K. 2017. *Analisis Fungsi Respon Satu Dimensi Pada Citra Phantom Berbasis Akrilik Hasil Pemindaian Pesawat CT-Scan*. (Tugas Akhir), Program Studi Pendidikan Fisika, FSM, Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga.
- Lee, S., Choi, Y. H., Cho, Y. J., Cheon, J. E., Choi, G., Lee, S. B., Kim, W. S., Kim, I. O., Ji, E. P., & Pak, S. Y. 2021. Evaluation of Frequency-Selective Non-Linear Blending Technique on Brain CT in Postoperative Children with Moyamoya Disease. *Journal of Neuroradiology*, **Vol.48 No.6 November 2021** : 425–431. <https://doi.org/10.1016/j.neurad.2019.07.006>
- Lestari, S. 2019. *Teknik Radiografi Medis*. Andi. Yogyakarta.
- Litasova, S., Hidayanto, E., & Azam, D. M. 2018. Pengaruh Ketebalan dan Kombinasi Jenis Filter Terhadap Nilai Entrance Skin Exposure (ESE) Menggunakan Factor Eksposi Pemeriksaan Kepala. *Youngster Physics Journal*, **Vol.7 No.2** : 67–75.
- Liu, Y., Shen, J., Zhang, H., & Liu, H. 2025. A Method for Measuring Spatial Resolution Based on Clinical Chest CT Sequence Images. *Journal of Applied Clinical Medical Physics*, **Vol.26 No.5 Maret 2025** : 1–10. <https://doi.org/10.1002/acm2.70078>
- Louk, A., & Suparta, G. 2014. Pengukuran Kualitas Sistem Pencitraan Radiografi Digital Sinar-X. *Berkala MIPA*, **Vol.24 No.2** : 149–166.
- Maciel, E. R. C., Nascimento, E. H. L., Gaêta-Araujo, H., Pontual, M. L. dos A., Pontual, A. dos A., & Ramos-Perez, F. M. M. 2022. Automatic Exposure Compensation in Intraoral Digital Radiography: Effect on the Gray Values of Dental Tissues. *BMC Medical Imaging*, **Vol.22 No.4** : 1–7. <https://doi.org/10.1186/s12880-021-00733-x>

- Madcoms. 2023. *Kupas Tuntas Microsoft Excel 2021*. Andi. Yogyakarta.
- Manson, E. N., Bambara, L., Nyaaba, R. A., Amuasi, J. H., Flether, J. J., Schandorf, C., & Amable, A. S. K. 2017. Comparison of Modulation Transfer Function Measurements for Assessing the Performance of Imaging Systems. *Medical Physics International Journal*, **Vol.5 No.2** : 188–191.
- Margono, G. 1998. *Radiografi Intraoral*. Buku Kedokteran EGC. Jakarta.
- Martini, A. A. K., Sulistiawati, I. D. A. N., & Sumaryatni, N. P. 2025. Perbedaan Kontras Radiografi Pada Hasil Foto Rontgen Periapikal Gigi Molar Rahang Bawah Dengan Penggunaan Tegangan Listrik 60 kVp Dan 70 kVp Di RSGM Saraswati Denpasar. *Proceeding of Bali Dental Science and Exhibition* : 593–602.
- Muttaqin, R., & Susilo. 2017. Uji Banding Kualitas Citra Radiograf Sistem Radiografi Digital Modifikasi Terhadap Computed Radiography System Dengan Metode Contrass to Noise Ratio. *Journal of Physics Communication*, **Vol.1 No.1** : 68–73.
- Nainggolan, S. Y., Khair, U., & Khairunnisa. 2020. Peningkatan Kualitas Citra MRI SCAN dengan Menggunakan Metode Gaussian Filter. *Snastikom (Seminar Nasional Teknologi Informasi & Komunikasi)*, **Vol.1 No.1** : 348–355.
- Ningtias, D. R., Suryono, S., & Susilo. 2016. Pengukuran Kualitas Citra Digital Computed Radiography Menggunakan Program Pengolah Citra. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, **Vol.12 No.2** : 161–168. <https://doi.org/10.15294/jpfi.v12i2.5950>
- Orhan, K., Pauwels, R., Chen, Y., Song, D., & Jacobs, R. 2021. Estimation of the Radiation Dose for Dental Spectral Cone-Beam CT. *Dentomaxillofacial Radiology*, **Vol.50 No.5**. <https://doi.org/10.1259/dmfr.20200372>
- Pardede, D. D. M., & Setiawati, E. 2014. Perhitungan Nilai Dosis dan Kontras Citra Computed Radiography (CR) dengan Variasi Ketebalan dan Kombinasi Jenis Filter. *Youngster Physics Journal*, **Vol.3 No.4 Oktober 2014** : 287–295.
- Prabsattroo, T., Wachirasirikul, K., Tansangworn, P., Punikhom, P., & Sudchai, W. 2023. The Dose Optimization and Evaluation of Image Quality in the Adult Brain Protocols of Multi-Slice Computed Tomography: A Phantom Study. *Journal of Imaging*, **Vol.9 No.12 November 2023** : 1–16. <https://doi.org/10.3390/jimaging9120264>
- Raharja, B. D., & Harsadi, P. 2018. Implementasi Kompresi Citra Digital Dengan Mengatur Kualitas Citra Digital. *Jurnal Ilmiah SINUS*, **Vol.16 No.2 Juli 2018** : 71–77. <https://doi.org/10.30646/sinus.v16i2.363>

- Rozanah, Budi, W. S., & Arifin, Z. 2015. Perbandingan Kualitas Citra CT Scan Pada Protokol Dosis Tinggi Dan Dosis Rendah Untuk Pemeriksaan Kepala Pasien Dewasa Dan Anak. *Youngster Physics Journal*, **Vol.4 No.1 Januari 2015** : 117–126.
- Saputra, R. G., Adam, R. I., & Carudin. 2021. Noise Reduction Untuk Restorasi Citra Dengan Algoritma Wiener Dan Histogram Equalization. *Journal of Information Technology and Computer Science (INTECOMS)*, **Vol.4 No.2** : 348–357.
- Sari, D. K., Lestiani, D. D., Atmodjo, D. P. D., & Adventini, N. 2015. Pengaruh Efek Scattering Penggunaan Inserted Sample Holder Pada Edxrf Epsilon5. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Nuklir* : 352–359.
- Sarianofern. 2022. *Buku Ajar Fisika Radiasi Untuk Kedokteran Gigi*. CV Literasi Nusantara Abadi. Malang.
- Sarwandi. 2017. *Jago Microsoft Excel 2016*. Elex Media Komputindo. Jakarta.
- Scheid, R. C., & Weiss, G. 2012. *Woelfel's Dental Anatomy* (8th ed). Wolters Kluwer (Lippincott Williams & Wilkins Health). United Kingdom.
- Scientific Volume Imaging. 2024. *Signal-to-Noise Ratio (SNR)*. Diakses 16 Juni 2025 dari <https://svi.nl/Signal-to-Noise-Ratio>
- Seeram, E. 2019. *Digital Radiography: Physical Principles and Quality Control* (2nd ed). Springer Singapore. New York.
- Septina, F., & Agnizarridlo, T. 2021. *Pemeriksaan Radiografi Intraoral pada Unit Pelayanan Radiodiagnostik*. UB Press. Malang.
- Shilfa, S. N., Gani, M. R. A., Mu'minah, I. A. S., Ardiansyah, F., Lubis, L. E., & Soejoko, D. S. 2019. Pengukuran MTF (Modulation Transfer Function) Berdasarkan LSF (Line Spread Function) dan PSF (Point Spread Function) pada Pesawat PET/CT dan SPECT/CT. *Journal of Medical Physics and Biophysics*, **Vol.6 No.1 Februari 2019** : 16–25.
- Sismadi, A., Rianto, S., Abimanyu, B., Rusyadi, L., & Masrochah, S. 2023. *Perbedaan Piksel Imaging Plate dan Kualitas Citra Computed Radiografi Intraoral*. CV Arta Media. Banyumas.
- Sparzinanda, E., Nehru, & Nurhidayah. 2017. Pengaruh Faktor Eksposi Terhadap Kualitas Citra Radiografi. *Journal Online of Physics*, **Vol.3 No.1** : 14–22. <https://doi.org/10.22437/jop.v3i1.4428>
- Sukmana, B. I. 2019. *Radiografi di Bidang Kedokteran Gigi*. Phoenix. Yogyakarta.
- Sukmawati, C. B., Arianto, F., & Hidayanto, E. 2022. Penentuan Dosis Serap

Relatif Radiasi Sinar-X pada Radiografi Thoraks dengan Variasi Periode Pemeriksaan Kesehatan Menggunakan Aplikasi MCNPX. *Berkala Fisika*, **Vol.25 No.1 Januari 2022** : 7–13.

Supardi. 2017. *Statistik Penelitian Pendidikan*. Rajawali Pers. Depok.

Susanto, E., Larasati, E., Warsono, H., & Yuniningsih, T. 2021. Protection of the Safety of Dental Health Workers Against Radiation Exposure Dental X-Ray. *Jurnal Kesehatan Gigi*, **Vol.8 No.2** : 157–160.

Susanto, F., Utami, H. S., Alchamdani, A. R., Rahmasyifa, A. N., & Fatimah. 2024. Penerapan Modifikasi Faktor Eksposi Aturan 10 kV Terhadap Kualitas Citra Radiografi Thorax Modalitas CR vs DR. *JRI (Jurnal Radiografer Indonesia)*, **Vol.7 No.1** : 1–6. <https://doi.org/10.55451/jri.v7i1.244>

Sutopo. 2023. *Pengantar Mekanika Kuantum*. Media Nusa Creative (MNC). Malang.

Syifa, D. N., & Oktamuliani, S. 2023. Analisis Pengaruh Filter terhadap Kualitas Citra Berbasis Resolusi Spasial dan Dera pada Pesawat Fluoroskopi C-Arm. *Jurnal Fisika Unand (JFU)*, **Vol.12 No.2 April 2023** : 249–254. <https://doi.org/10.25077/jfu.12.2.249-254.2023>

Whaites, E., & Drage, N. 2020. *Essentials of Dental Radiography and Radiology* (6th ed). Elsevier Ltd. London.

Woroprobosari, N. R. 2016. Efek Stokastik Radiasi Sinar-X Dental pada Ibu Hamil dan Janin. *Odonto Dental Journal*, **Vol.3 No.1** : 60–66.

Yudha, S., & Dewilza, N. 2023. *Radiografi Digital*. Deepublish. Yogyakarta.

Yunus, B., Bachtiar, M. M., Aziz, A. A., & Sabirin, M. I. 2021. The Application of Intraoral Radiography to Assess the Success of Prosthodontic Treatment. *Makassar Dental Journal*, **Vol.10 No.3 Desember 2021** : 212–217. <https://doi.org/10.35856/mdj.v10i3.450>

Zelviani, S. 2017. Kualitas Citra Pada Direct Digital Radiography Dan Computed Radiography. *Jurnal Teknosains*, **Vol.11 No.1 Juni 2017** : 49–62.

Zuhra, P. U. 2024. *Peningkatan Kualitas Citra dengan Metode Harmonic Mean Filter dan Contraharmonic Mean Filter dalam Mengurangi Noise pada Citra*. (Tugas Akhir), Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Teknologi Telekomunikasi, Politeknik Negeri Lhokseumawe, Banda Aceh.