

Penentuan Nilai Cardiothoracic Ratio (CTR) dan Kontras Citra Hasil Pemeriksaan Radiografi Toraks dengan Variasi Focus-Film-Distance (FFD)

Determination of Cardiothoracic Ratio (CTR) and Image Contrast in Chest Radiographs Using Variations in Focus-Film Distance (FFD)

Fickry Haikal¹, Sri Dewi Astuty^{1*}, Sultan Hamjar², Syamsir Dewang¹, Bannu¹, Arfinna¹, Ayu Hardianti Pratiwi¹, Ajeng Anggreny Ibrahim¹

¹Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, Indonesia 90245

²Instalasi Radiologi, Rumah Sakit TK II Pelamonia Makassar, Indonesia 90245

Email: haikalf22h@student.unhas.ac.id; dewiastuti@fmipa.unhas.ac.id; sultanrasya44@gmail.com; dewang1163@gmail.com; bannu251973@gmail.com; arfinna234@gmail.com; ayuhardiantip@unhas.ac.id; ajengibrahim@unhas.ac.id

Received: 10th April 2026; Revised: 11th May 2026; Accepted: 30th May 2026

Abstrak – Pemeriksaan radiografi toraks proyeksi posteroanterior (PA) umumnya direkomendasikan menggunakan focus-film distance (FFD) 180 cm untuk meminimalkan efek magnifikasi berlebihan yang menjadi indikator diagnosis kardiomegali. Namun, keterbatasan kondisi pemeriksaan seperti ukuran ruangan dan kondisi pasien menyebabkan jarak FFD lebih pendek dan berpotensi mempengaruhi siluet objek jantung menjadi lebih lebar dalam citra radiografi. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan nilai cardiothoracic ratio (CTR) toraks dengan variasi FFD serta menganalisis nilai kualitas citra objek jantung dengan parameter contrast-to-noise ratio (CNR) untuk membedakan secara jelas batas lateral jantung kanan dan kiri. Desain penelitian menggunakan post-test only design observasional deskriptif dengan data primer berupa 70 citra radiografi digital pasien laki-laki (usia 17–22 tahun) yang dibagi ke dalam 7 kelompok FFD (120–180 cm), dengan masing-masing 10 sampel independen. Ekstraksi data kuantitatif CTR dan CNR dianalisis menggunakan program ImageJ. Nilai CTR yang diperoleh menunjukkan bahwa semua sampel menghasilkan nilai <50% untuk semua variasi FFD, yang berarti tidak ada indikasi klinis kardiomegali. Nilai CNR yang maksimum terjadi pada FFD 140 cm sebesar 64,458; FFD 150 cm sebesar 58,639 serta FFD 180 cm sebesar 50,758. Hasil uji statistik, yaitu nilai signifikansi untuk CTR ($p=0,515$) dan CNR ($p=0,141$) yang diamati dengan variasi FFD, menunjukkan hasil yang tidak berbeda signifikan. Fluktuasi data memberikan kesan bahwa setiap sampel memiliki kondisi anatomi bawaan dengan bias yang jauh lebih besar dibandingkan dengan efek magnifikasi akibat FFD. Perubahan rasio geometri dan kontras citra tidak hanya dipengaruhi oleh jarak pemotretan, melainkan juga didominasi secara acak oleh body habitus (ketebalan dan densitas rongga dada) dari pasien.

Kata kunci: Cardiothoracic ratio; contrast-to-noise ratio; focus-film distance; kualitas citra; radiografi toraks.

Abstract – Posteroanterior (PA) chest radiography is generally recommended at a focus-to-film distance (FFD) of 180 cm to minimize magnification of the cardiac silhouette, which may affect assessment of cardiomegaly. However, shorter FFDs are sometimes unavoidable because of room constraints or patient-related conditions. This study aimed to evaluate cardiothoracic ratio (CTR) values obtained at different FFDs and assess cardiac image quality using the contrast-to-noise ratio (CNR) to determine the visibility of the right and left cardiac borders. A descriptive observational study with a post-test-only design was conducted using 70 digital PA chest radiographs from male patients aged 17–22 years. The

images were divided into seven FFD groups ranging from 120 to 180 cm, with 10 independent samples per group. CTR and CNR were quantitatively measured using ImageJ software. All radiographs demonstrated CTR values below 50% across the investigated FFDs, indicating no radiographic evidence of cardiomegaly. The highest mean CNR values were observed at FFDs of 140 cm (64.458), 150 cm (58.639), and 180 cm (50.758). Statistical analysis revealed no significant differences in CTR ($p = 0.515$) or CNR ($p = 0.141$) among the FFD groups. The observed fluctuations in CTR and CNR were likely attributable to inter-individual anatomical variation rather than FFD-related magnification. Differences in chest geometry and tissue attenuation, particularly variations in thoracic thickness and density, may have contributed substantially to the observed measurements. These findings suggest that, within the investigated range, FFD variations from 120 to 180 cm did not significantly affect CTR or CNR in young adult male subjects.

Keywords: Cardiothoracic ratio; contrast-to-noise ratio; focus-film distance; image quality; radiografi thorax.

1. Pendahuluan

Radiografi toraks merupakan salah satu modalitas pencitraan diagnostik yang banyak digunakan untuk memvisualisasikan struktur jantung, paru-paru, dan mediastinum [1]. Pemeriksaan ini menjadi metode evaluasi awal dalam menilai kondisi kardiopulmoner serta mendeteksi berbagai patologi klinis seperti pneumonia, tuberkulosis, efusi pleura, hingga kardiomegali atau pembesaran jantung [2]. Pesatnya perkembangan teknologi pencitraan seperti *Computed Tomography* (CT-scan) dan *Magnetic Resonance Imaging* (MRI) yang terus berkembang, radiografi toraks tetap menjadi pilihan utama karena kemampuannya dalam memberikan gambaran yang memadai terhadap kelainan parenkim paru dan ukuran jantung, serta didukung oleh ketersediaannya yang luas, biaya yang relatif terjangkau, dan kemudahan akses di berbagai fasilitas kesehatan [3]. Keandalan informasi diagnostik dari pemeriksaan ini sangat bergantung pada kualitas citra radiografi yang dihasilkan [4].

Parameter geometri pencitraan dalam praktiknya memiliki peran penting dalam menentukan akurasi informasi anatomi. Salah satu parameter utama adalah *focus-film distance* (FFD), yaitu jarak antara sumber sinar-X dan detektor atau film. Standar internasional untuk radiografi toraks proyeksi *posteroanterior* (PA) merekomendasikan penggunaan FFD sebesar 180 cm untuk meminimalkan efek magnifikasi, khususnya pada bayangan jantung [5]. Kondisi praktik klinis seperti keterbatasan ruang pemeriksaan atau kondisi peralatan radiografi yang tersedia menyebabkan penggunaan jarak standar sering tidak terpenuhi, sehingga menimbulkan kesenjangan antara standar teoritis dan praktik di lapangan [6].

Variasi FFD dapat mempengaruhi akurasi pengukuran *cardiothoracic ratio* (CTR), yaitu parameter kuantitatif yang digunakan untuk menilai perbandingan diameter transversal jantung terhadap diameter rongga dada [7]. Nilai CTR lebih dari 50% pada proyeksi PA umumnya digunakan sebagai indikator kardiomegali [8], tetapi akurasi CTR sangat sensitif terhadap perubahan geometri akibat variasi jarak pemotretan [9]. Penggunaan FFD yang lebih rendah dari standar dapat menyebabkan magnifikasi bayangan jantung yang tidak proporsional sehingga meningkatkan risiko kesalahan interpretasi klinis, termasuk kemungkinan terjadinya diagnosis positif palsu terhadap pembesaran jantung [10-12].

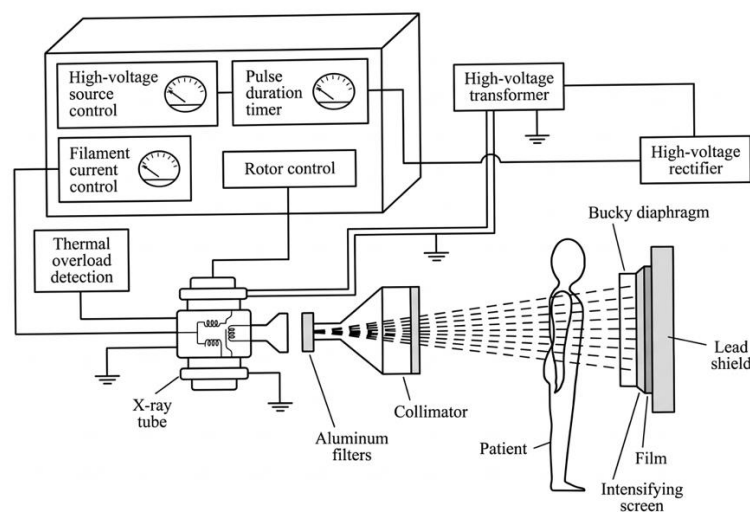
Selain terhadap ukuran objek pada citra radiografi, variasi FFD juga dapat mempengaruhi kualitas kontras citra. Perubahan jarak fokus mempengaruhi intensitas radiasi yang diterima detektor sesuai dengan prinsip hukum kuadrat terbalik (*Inverse Square Law*). Jika perubahan jarak tidak diimbangi dengan penyesuaian faktor eksposi yang tepat, maka citra dapat mengalami peningkatan *noise* yang menyebabkan penurunan kualitas kontras [13, 14]. Kondisi ini dapat menyebabkan batas anatomi seperti siluet jantung dan mediastinum menjadi kurang jelas sehingga menyulitkan proses interpretasi radiologis [15, 16]. Secara kuantitatif, kualitas kontras citra dapat dianalisis menggunakan parameter *contrast-to-noise ratio* (CNR) yang menggambarkan kemampuan sistem pencitraan dalam membedakan sinyal objek dari *noise* di sekitarnya [17-19].

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengkaji pengaruh variasi FFD terhadap nilai CTR maupun kualitas citra radiografi [20, 21], meskipun demikian sebagian besar penelitian tersebut masih dilakukan secara terpisah atau hanya menggunakan objek *phantom* [22]. Kajian terhadap nilai CTR, masih diperlukan penelitian yang mengevaluasi secara komprehensif pengaruh variasi jarak bertingkat terhadap nilai *cardiothoracic ratio* dan kualitas kontras citra secara bersamaan pada pemeriksaan radiografi toraks.

Berdasarkan referensi di atas, penelitian ini bertujuan untuk menentukan nilai CTR serta mengevaluasi kontras citra hasil pemeriksaan radiografi toraks dengan variasi FFD. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan referensi ilmiah dalam menentukan parameter jarak pemeriksaan yang optimal guna mendukung akurasi pengukuran organ serta meningkatkan ketepatan diagnosis pada pemeriksaan radiografi toraks.

2. Landasan Teori

Pesawat rontgen adalah modalitas pencitraan medis yang memanfaatkan radiasi pengion (sinar-X) untuk memvisualisasikan struktur anatomi internal tubuh. Komponen utamanya terdiri dari generator tegangan tinggi, tabung sinar-X, kolimator, meja pemeriksaan, dan detektor gambar (kaset/sensor). Sinar-X diproduksi di dalam tabung ketika elektron berkecepatan tinggi yang dipancarkan oleh katoda (filamen) dipercepat dan menumbuk target anoda, menghasilkan Bremsstrahlung (radiasi pengereman) dan sinar-X karakteristik [23], pesawat Rontgen dapat dilihat pada Gambar 1 [24].



Gambar 1. Proses pembentukan sinar-X.

Pembentukan citra radiografi didasarkan pada prinsip atenuasi diferensial. Saat berkas sinar-X melewati tubuh pasien, jaringan yang berbeda akan menyerap (mengatenuasi) foton dalam jumlah yang bervariasi bergantung pada ketebalan dan nomor atom jaringan. Foton yang berhasil menembus tubuh (transmitted photons) kemudian ditangkap oleh detektor untuk membentuk citra. Karena berkas sinar-X memancar secara divergen (menyebar) dari titik fokus, bayangan objek pada detektor akan selalu mengalami pembesaran secara geometrik. Faktor magnifikasi (M) dapat dihitung menggunakan Persamaan (1).

$$M = \frac{SID}{SOD} \quad (1)$$

dengan SID merupakan jarak dari sumber sinar-X ke detektor (pada referensi lain digunakan istilah FFD) dan SOD merupakan jarak dari sumber sinar-X ke objek/pasien.

Semakin besar jarak antara objek dan detektor (SOD lebih kecil dari SID), maka semakin besar pula pola magnifikasi dan *unsharpness* (ketidaktajaman geometrik) yang dihasilkan [24]. Kualitas citra radiografi dievaluasi melalui parameter visual dan kuantitatif untuk memastikan keakuratan diagnostic. Secara visual, citra harus terhindar dari artefak (bayangan asing atau distorsi akibat pergerakan pasien maupun benda logam) serta fog (kabut), yakni densitas merata akibat radiasi hambur yang menyebabkan penurunan kontras. Secara kuantitatif, kualitas citra diukur menggunakan *signal-to-noise ratio* (SNR) dan *contrast-to-noise ratio* (CNR). SNR mengukur perbandingan antara sinyal anatomi (μ_{signal}) noise latar belakang (σ_{noise}) untuk menentukan tingkat kejernihan citra, dengan Persamaan (2).

$$SNR = \frac{\mu_{\text{signal}}}{\sigma_{\text{noise}}} \quad (2)$$

Nilai CNR digunakan untuk mengevaluasi kemampuan sistem dalam membedakan dua area jaringan yang berdekatan (μ_A dan μ_B) terhadap tingkat *noise*, yang dirumuskan dalam Persamaan (3).

$$CNR = \frac{|\mu_A - \mu_B|}{\sigma_{noise}} \quad (3)$$

Evaluasi gabungan dari parameter-parameter ini memastikan citra yang dihasilkan memiliki nilai diagnostic yang optimal [25].

Ketika sinar-X berinteraksi dengan tubuh, sebagian foton mengalami efek Compton yang menghasilkan radiasi hambur (*scatter radiation*). Radiasi hambur ini bergerak ke segala arah dan dapat mencapai detektor, sehingga menyebabkan *fog* dan menurunkan nilai CNR secara signifikan. Efek Hamburan radiasi pada film radiografi dapat diminimalkan dengan penggunaan Grid Anti-Hambur. Grid ditempatkan di antara pasien dan detektor, tersusun dari lempengan strip timbal (P_b) tipis yang diselingi bahan radiolusen (seperti aluminium atau serat karbon). Mekanisme kerjanya adalah dengan meneruskan foton primer yang berjalan lurus ke detektor melalui celah radiolusen, namun menyerap foton radiasi hambur yang datang dengan sudut miring karena terhalang oleh strip timbal [26].

3. Metode

Penelitian ini dilaksanakan di Instalasi Radiologi Rumah Sakit TK II Pelamonia Makassar. Data kuantitatif diperoleh melalui eksperimen atau data primer hasil pemeriksaan toraks pasien. Desain penelitian yang digunakan adalah *post-test only design* dengan analisis observasional deskriptif. Sampel penelitian berupa 70 citra radiografi toraks proyeksi *posteroanterior* (PA) pada pasien laki-laki berusia 17–22 tahun dengan postur tubuh normal yang memenuhi kriteria kelayakan diagnostik. Variasi FFD yang diatur yaitu 120, 130, 140, 150, 160, 170, dan 180 cm.

Jenis modalitas radiografi yang digunakan adalah pesawat *digital radiography* (DR) GE Optima Seri 061486. Interpretasi nilai-nilai ukuran toraks dan jaringan jantung pada setiap citra toraks pasien, digunakan untuk menentukan nilai CTR. Tegangan tabung dijaga konstan sebesar 60 kVp, sedangkan nilai arus-waktu disesuaikan secara proporsional terhadap perubahan jarak pemotretan. Faktor eksposi yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengaturan faktor eksposi yang digunakan pada pemeriksaan radiografi *thorax*.

FFD (cm)	Tegangan Tabung (kVp)	Arus-Waktu (mAs)
120	60	4,0
130	60	4,7
140	60	5,4
150	60	6,3
160	60	7,1
170	60	8,0
180	60	10,0

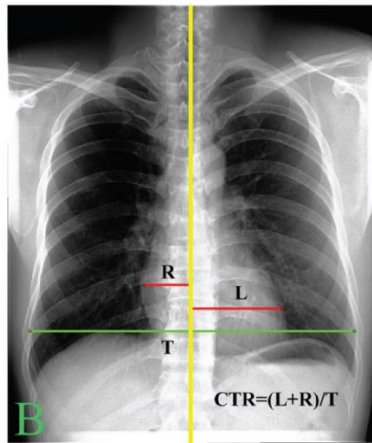
Analisis kuantitatif citra radiografi format JPEG dilakukan menggunakan perangkat lunak *ImageJ*. Pengukuran nilai *cardiothoracic ratio* (CTR) dilakukan dengan menarik garis vertikal pada *midline* (garis tengah vertebra), kemudian mengukur diameter transversal jantung dan rongga dada. Penarikan garis pengukuran CTR dapat dilihat pada Gambar 2.

Nilai CTR dihitung menggunakan Persamaan (4) [7].

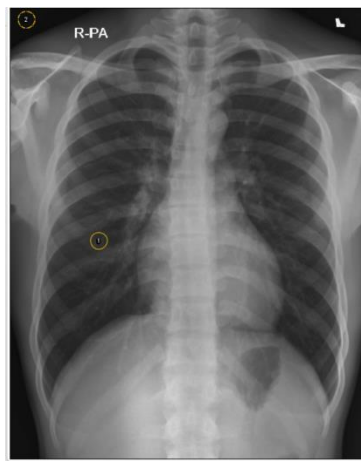
$$CTR = \frac{R+L}{T} \quad (4)$$

dengan R merupakan jarak maksimum dari garis tengah ke batas jantung sisi kanan, L merupakan jarak maksimum dari garis tengah ke batas jantung sisi kiri, dan T merupakan diameter internal terlebar dari rongga toraks.

Pengukuran CNR dilakukan dengan menetapkan *region of interest* (ROI) pada *area* anatomi yang berbeda menggunakan fitur di *ImageJ*. ROI pertama diletakkan pada area paru (sebagai sinyal objek) dan ROI kedua pada *area* mediastinum atau luar paru (sebagai sinyal *background*). Contoh penempatan ROI dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 2. Ilustrasi penarikan garis pengukuran CTR.



Gambar 3. Contoh penempatan ROI ditandai dengan tanda bulatan kuning.

Nilai CNR dihitung berdasarkan selisih sinyal antar kedua area dibagi dengan standar deviasi *noise*, menggunakan Persamaan (5) [17].

$$CNR = \frac{S_A - S_B}{\sigma_{bg}} \quad (5)$$

dengan S_A merupakan nilai mean ROI objek (paru-paru), S_B merupakan nilai mean ROI *background*, sementara σ_{bg} merupakan *standar deviation* pada ROI *background*.

Seluruh analisis statistik dalam penelitian ini dilakukan menggunakan perangkat lunak SPSS. Karakteristik data pengukuran Nilai CTR maupun CNR dievaluasi melalui analisis deskriptif meliputi nilai rata-rata (*mean*), standar deviasi, serta nilai minimum dan maksimum pada setiap variasi FFD. Evaluasi sebaran data dilakukan menggunakan uji normalitas *Shapiro-Wilk*. Berdasarkan hasil uji normalitas terhadap distribusi data, maka pengujian hipotesis ditujukan untuk mengetahui signifikansi pengaruh nyata variasi FFD terhadap nilai CTR dan CNR menggunakan uji non-parametrik *Kruskal-Wallis* dengan taraf kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$).

4. Hasil dan Pembahasan

Sebanyak 70 sampel citra pasien radiografi toraks yang dibagi ke dalam 7 kelompok variasi FFD dengan jumlah sampel masing-masing kelompok terdiri dari 10 citra, diklasifikasikan dalam Tabel 2 dan 3 masing-masing bersesuaian dengan nilai CTR dan CNR.

Berdasarkan Tabel 2, analisis terhadap nilai rata-rata (*mean*) menunjukkan bahwa perubahan FFD dari 120 cm hingga 180 cm tidak menghasilkan pola yang teratur atau linier. Nilai batas normal rasio jantung

terhadap rongga dada pada proyeksi *posteroanterior* (PA) adalah di bawah 0,50 ($< 50\%$). Berdasarkan Tabel 2, nilai rata-rata CTR terendah sebesar 0,405 tercatat pada FFD 120 cm dan terus mengalami peningkatan hingga mencapai puncaknya di angka 0,435 pada jarak 150 cm. Setelah melewati titik puncak tersebut, nilainya kembali berfluktuasi pada rentang 0,409 hingga 0,431 untuk jarak penyinaran 160 cm hingga 180 cm.

Tabel 2. Data hasil perhitungan nilai CTR citra toraks dengan variasi FFD.

FFD (cm)	Jumlah Sampel (N)	Nilai CTR			
		Maksimum	Minimum	Rerata	SD
120	10	0,341	0,465	0,405	0,047
130	10	0,355	0,473	0,416	0,035
140	10	0,352	0,447	0,422	0,028
150	10	0,403	0,514	0,435	0,032
160	10	0,353	0,491	0,409	0,035
170	10	0,356	0,467	0,423	0,037
180	10	0,381	0,464	0,431	0,030

Berdasarkan Tabel 3, nilai rata-rata CNR berfluktuasi seiring perubahan jarak, di mana nilai terendah tercatat pada FFD 120 cm akibat tingginya radiasi hambur, sementara kualitas paling optimal (*sweet spot*) dicapai pada FFD 140 cm. FFD standar klinis 180 cm menghasilkan rata-rata CNR yang baik, kelompok jarak ini menunjukkan rentang sebaran data yang dengan Standar Deviasi tertinggi dibandingkan jarak lainnya. Tingginya variabilitas pada jarak 180 cm tersebut mengindikasikan bahwa penurunan intensitas sinar-X membuat kualitas citra sangat rentan dan sangat bergantung pada perbedaan ketebalan tubuh masing-masing pasien (*body habitus*). Sebelum melakukan pengujian hipotesis untuk mengevaluasi pengaruh FFD, evaluasi sebaran data dilakukan menggunakan uji normalitas *Shapiro-Wilk*.

Tabel 3. Data hasil perhitungan nilai CNR citra toraks dengan variasi FFD.

FFD (cm)	Jumlah Sampel (N)	Nilai CNR			
		Maksimum	Minimum	Rerata	SD
120	10	15,435	79,126	27,869	18,485
130	10	28,160	134,888	47,564	41,360
140	10	32,641	113,737	64,458	23,206
150	10	10,564	112,267	58,639	29,864
160	10	9,956	72,858	41,402	24,191
170	10	5,753	69,483	43,557	23,678
180	10	8,416	152,148	50,758	46,286

Berdasarkan hasil pengujian *Shapiro-Wilk* dalam Tabel 4 dan 5, distribusi data pada kedua parameter sebagian tidak terdistribusi normal. Pada pengukuran CTR, kelompok FFD 140, 150, dan 160 cm terindikasi tidak berdistribusi normal ($p < 0,05$). Hal serupa ditemukan pada evaluasi kualitas kontras, di mana sebaran data CNR pada FFD 130 dan 180 cm menghasilkan nilai signifikansi jauh di bawah ambang

Tabel 4. Hasil uji normalitas data CTR (*Shapiro-Wilk*).

FFD (cm)	Statistik	df	Sig. (<i>p-value</i>)	Ket
120	0,885	10	0,148	Normal
130	0,970	10	0,889	Normal
140	0,775	10	0,007	Tidak Normal
150	0,814	10	0,022	Tidak Normal
160	0,842	10	0,047	Tidak Normal
170	0,918	10	0,340	Normal
180	0,900	10	0,218	Normal

batas 0,05. Oleh karena terdapat kelompok data yang tidak berdistribusi normal dan karakteristik sampel antar kelompok bersifat independen, pengujian hipotesis untuk kedua parameter tersebut dilanjutkan dengan uji komparatif non-parametrik Kruskal-Wallis. Hasil uji Kruskal-Wallis pengaruh FFD terhadap CTR dan CNR dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 5. Hasil uji normalitas data CNR (*Shapiro-Wilk*).

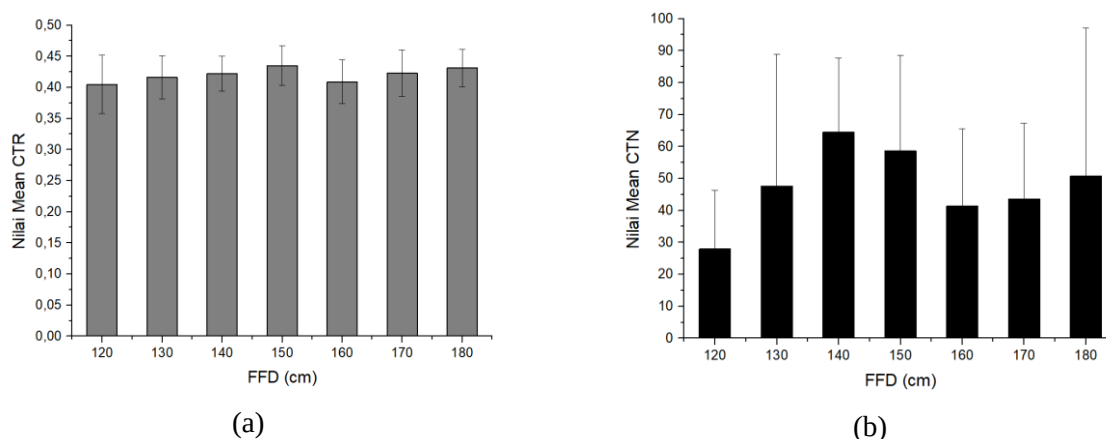
FFD (Cm)	Statistik	df	Sig. (<i>p-value</i>)	Ket
120	0,920	10	0,354	Normal
130	0,561	10	0,000	Tidak Normal
140	0,931	10	0,453	Normal
150	0,959	10	0,775	Normal
160	0,887	10	0,157	Normal
170	0,876	10	0,118	Normal
180	0,790	10	0,011	Tidak Normal

Tabel 6. Hasil uji Kruskal-Wallis pengaruh FFD terhadap CTR dan CNR.

Variabel	<i>Chi-Square</i>	df	Asymp. Sig.	Ket
Nilai CTR	5,224	6	0,515	H0 Diterima
Nilai CNR	9,634	6	0,141	H0 Diterima

Tabel 6 menunjukkan hasil pengujian hipotesis menunjukkan bahwa variasi FFD tidak memberikan pengaruh secara statistic terhadap kedua parameter yang dievaluasi. Pada pengukuran CTR, diperoleh nilai statistik *Chi-Square* sebesar 5,224 dengan tingkat probabilitas signifikansi (*Asymp. Sig.*) sebesar 0,515. Pola yang sama juga terlihat pada evaluasi kualitas citra melalui CNR yang menghasilkan nilai *Chi-Square* sebesar 9,634 dengan signifikansi 0,141. Dimana nilai probabilitas signifikansi untuk kedua variabel tersebut berada di atas ambang batas signifikan ($\alpha = 0,05$), maka hipotesis nol (H_0) diterima, yang secara definitif menyimpulkan bahwa perubahan FFD tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap CTR dan CNR.

Setelah mengevaluasi signifikansi secara statistik, analisis dilanjutkan dengan meninjau nilai rata-rata (*mean*) untuk melihat perubahan CTR dan CNR pada setiap titik variasi jarak FFD. Nilai mean pada CTR dan CNR dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Profil distribusi nilai *mean* untuk (a) CTR dan (b) CNR.

Hasil uji statistik memperkuat temuan visual tersebut, di mana tidak terdapat perbedaan yang signifikan baik pada nilai CTR ($p = 0,515$) maupun nilai CNR ($p = 0,141$). Hal ini mengindikasikan bahwa variasi perubahan jarak yang makin dekat yaitu 120 cm tidak secara konsisten memperbesar ukuran jantung hingga melampaui batas diagnostik kardiomegali ($> 50\%$) dan juga tidak secara konsisten merusak kontras citra. Analisis hubungan antara CTR dan CNR menunjukkan bahwa variasi jarak penyinaran tidak menghasilkan pola hubungan yang linier. Secara teoritis, FFD yang semakin dekat akan meningkatkan magnifikasi

bayangan organ dan menurunkan kualitas kontras akibat peningkatan radiasi hambur, namun hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai CTR tetap stabil karena efek pembesaran terjadi secara proporsional pada dimensi jantung dan rongga dada. Hal ini mengindikasikan bahwa stabilitas kualitas radiografi toraks pada kondisi klinis nyata lebih didominasi oleh faktor anatomi bawaan pasien dibandingkan efek geometri murni. Oleh karena itu, optimasi citra tidak dapat bergantung pada standarisasi jarak FFD, melainkan memerlukan kalibrasi faktor eksposi yang presisi untuk mengompensasi perbedaan densitas jaringan masing-masing individu.

5. Kesimpulan

Variasi *focus-film distance* (FFD) antara 120 cm hingga 180 cm tidak berbeda signifikan secara statistik terhadap nilai CTR maupun CNR, dengan masing-masing nilai *p-value* sebesar 0,515 dan 0,141. Fluktuasi data yang ditemukan mengindikasikan bahwa efek magnifikasi geometri akibat perubahan jarak jauh lebih kecil dibandingkan dengan bias yang dihasilkan oleh variabilitas anatomi bawaan dan *body habitus* pasien. Ketebalan serta densitas rongga dada setiap individu menjadi faktor dominan yang menentukan hasil pengukuran dan kejelasan citra secara acak, sehingga perubahan FFD dalam rentang tersebut tidak secara linier terhadap perubahan dimensi jantung maupun kualitas radiograf yang dihasilkan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan apresiasi dan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada jajaran Fisikawan Medik di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Tk II Pelamonia Makassar yang telah memberikan izin, memfasilitasi, serta membimbing penulis selama proses penelitian berlangsung.

Pustaka

- [1] Nasser A A and Akhloufi M A 2023 A Review of Recent Advances in Deep Learning Models for Chest Disease Detection Using Radiography Diagnostics 13 159
- [2] Shafiee M, Majdabadi M K, Mortazavi H, Borzoueisileh S, Rashidfar R, Moghaddam Z M and Salehi Z 2022 Beliefs and behaviors of radiographers concerning Digital Chest Radiography: Importance of Training Courses Research Square
- [3] Renz D M, Huisinga C, Pfeil A, Böttcher J, Schwerk N, Streitparth F and Weidemann J 2022 Röntgenuntersuchungen des Thorax bei Kindern und Jugendlichen Zeitschrift Für Pneumologie 19 296
- [4] Sridharan S, Hui A S X, Venkataraman N, Tirukonda P, Jeyaratnam R P, John S, Babu S S, Liew P, Francis J, Tzan T K, MIN W K, Liong G M and Yee C L J 2024 Real-World evaluation of an AI triaging system for chest X-rays: A prospective clinical study European Journal of Radiology 181 111783
- [5] Lampignano, J., & Kendrick, L. E. (2017). Bontrager's textbook of radiographic positioning and related anatomy (9th ed.). Elsevier
- [6] Edin A, Abraha A, Molla Y, Utura T and Ayele A 2025 Bridging Theory and Practice: Challenges in Clinical Skill Application Among Radiology Technology Trainees in Ethiopia Journal of Medical Education and Curricular Development 12
- [7] Saiviroonporn P, Rodbangyang K, Tongdee T, Chaisangmongkon W, Yodprom P, Siriapisith T, Wonglaksanapimon S and Thiravit P 2021 Cardiothoracic Ratio Measurement Using Artificial Intelligence: Observer and Method Validation Studies Research Square
- [8] Truszkiewicz K, Poręba R and Gać P 2021 Radiological Cardiothoracic Ratio in Evidence-Based Medicine Journal of Clinical Medicine 10 2016
- [9] Torres F S, Eifer D A, Tijmes F S, Nguyen E T and Hanneman K 2021 Diagnostic performance of chest radiography measurements for the assessment of cardiac chamber enlargement Canadian Medical Association Journal 193
- [10] Fan W, Yang Y, Jing Q, Zhang Q, Liao C, Li W, Wang S, Wang G, Yu X, Wu Q, Xiao-tao F, Chen X, He M, Xiao J, Liu Y, Liu Y, Chen J, Wang B, Zhang L and Zhang D 2024 A deep-learning-based framework for identifying and localizing multiple abnormalities and assessing cardiomegaly in chest X-ray Nature Communications 15
- [11] Mekonnen H T, Puig N, Elson A, López E, Martínez P, Campos S T C, Hernández F J M, Mayor D

- J, Quilis J, Cuff X, Freixenet J, Oliver A, Lladó X and Martí R 2025 Deep learning framework for vertebral heart size and cardiothoracic ratio estimation in dogs and cats using thoracic radiographs *Frontiers in Veterinary Science* 12
- [12] Kusakunniran W, Saiviroonporn P, Siriapisith T, Tongdee T, Uraiverotchanakorn A, Leesakul S, Thongnarintr P, Kuama A and Yodprom P 2023 Automatic measurement of cardiothoracic ratio in chest x-ray images with ProGAN-generated dataset *Applied Computing and Informatics*
- [13] Economou G, Kandarakis I, Panagiotakis G and Vlachos I 2022 PRINCIPLES OF X-RAY TECHNOLOGY IN MEDICAL IMAGING AND IMPROVEMENT OF RADIOLOGICAL IMAGES PARIPEX-INDIAN JOURNAL OF RESEARCH 64
- [14] Hena B, Wei Z, Ibarra-Castanedo C and Maldague X 2023 Deep Learning Neural Network Performance on NDT Digital X-ray Radiography Images: Analyzing the Impact of Image Quality Parameters—An Experimental Study *Sensors* 23 4324
- [15] Megawati P S, Anwar M C, Fatimah F, Sudiyono S, Darmini D and Saifudin 2023 EFFECTIVENESS EDGE DETECTION OPERATOR CANNY TO IMPROVE IMAGE QUALITY THORAX CT SCAN IN CASES COVID-19 *Journal Of Vocational Health Studies* 7 77
- [16] Bombiński P, Szatkowski P, Sobieski B, Kwieciński T, Płotka S, Adamek M, Banasiuk M, Furmanek M and Biecek P 2024 Underestimation of lung regions on chest X-ray segmentation masks assessed by comparison with total lung volume evaluated on computed tomography *arXiv*
- [17] Abdi A J, Jensen K R, Pietersen P I, Jensen J, Hovgaard R L, Holmboe A K A and Gregersen S 2025 Standardisation and Optimisation of Chest and Pelvis X-Ray Imaging Protocols Across Multiple Radiography Systems in a Radiology Department *Diagnostics* 15 1450
- [18] Yuan D, Wang L, Lyu P, Zhang Y, Gao J and Liu J 2024 Evaluation of image quality on low contrast media with deep learning image reconstruction algorithm in prospective ECG-triggering coronary CT angiography *The International Journal of Cardiovascular Imaging* 40 1377
- [19] Igarashi K, Imai K, Matsushima S, YAMAUCHI-KAWAURA C and Fujii K 2024 Development and validation of the effective CNR analysis method for evaluating the contrast resolution of CT images *Physical and Engineering Sciences in Medicine* 47 717
- [20] Suyudi I, Utomo Y A, Ariantoko I and Ritma M 2024 Pengaruh variasi focus film distance (FFD) terhadap cardiothoracic ratio (CTR) dan signal-to-noise ratio (SNR) *Jurnal Kesehatan* 15 123
- [21] Tjuanda Y 2021 Quality Analysis Of Thorax Radiography Images In Postero Anterior Projection (PA) With Focus Film Distance (FFD) Variations In The Radiology Installation Of Sundari General Hospital *International Journal of Economic, Technology and Social Sciences* 2 653
- [22] Astria R, Lasiyah N and Mulyadi R 2025 ANALISIS KUALITAS CITRA RADIOGRAFI CR DENGAN SIGNAL TO NOISE RATIO (SNR) DAN CONTRAS TO NOISE RATIO (CNR) MENGGUNAKAN MICRODICOM *Biomedical and Environmental Health Technology* 1 1
- [23] Bushberg J T, Seibert J A, Leidholdt E M and Boone J M 2012 *The Essential Physics of Medical Imaging* Lippincott Williams & Wilkins
- [24] Bushong S C 2013 *Radiologic Science for Technologists Physics Biology and Protection* Elsevier Mosby
- [25] Carlton R R and Adler A M 2012 *Principles of Radiographic Imaging An Art and A Science* Delmar Cengage Learning
- [26] Papp J 2014 *Quality Management in the Imaging Sciences* Elsevier Mosby.