

ANALISIS VARIASI KILOVOLT (kV) TERHADAP SIGNAL TO NOISE RATIO (SNR) PADA PEMERIKSAAN ANKLE PROYEKSI LATERAL DENGAN MENGGUNAKAN IMAGE-J

Djuli Pontjowijono^{1*}, Vanessa Pingky Enjellina², Anggi Tiur Maduma³, Sentot Alibasah⁴

^{1,2,3,4}Universitas STRADA Indonesia

*Korespondensi Penulis : djuli70@gmail.com

ABSTRAK

Kualitas radiografi ditentukan oleh struktur anatomi yang dipengaruhi oleh faktor eksposi seperti kV, mA, dan s. Pemeriksaan *ankle joint* dengan proyeksi lateral bertujuan memeriksa fraktur, dislokasi, dan efusi sendi. Sebanyak 20% populasi mengalami cedera *ankle*. Untuk citra radiografi *ankle* yang akurat, diperlukan analisis kualitas citra menggunakan *software* Image-J yang mampu mengukur kontras dan ketajaman gambar melalui fitur histogram, dengan parameter utama *Signal-to-Noise Ratio* (SNR). Tujuan penelitian ini menganalisis variasi tegangan (kV) 50, 55, 60, 65, 70, 75 terhadap SNR pada pemeriksaan *ankle* proyeksi lateral dengan menggunakan Image-J. Jenis penelitian ini kuantitatif deskriptif menggunakan metode histogram dan SNR pada Image-J. Subjek penelitian *phantom ankle* dan objek penelitian ini adalah citra foto *phantom ankle* yang di proyeksikan Lateral, diekspos sebanyak 6 variasi tegangan (kV), dan dilakukan penyinaran 3 kali. Citra radiograf diolah menggunakan Image- J melalui tahapan *editing*, *transfer file* DICOM, dan analisis histogram. Citra difokuskan pada anatomi Talus dengan *Region Of Interest* (ROI) yang sama untuk menghitung rata-rata nilai piksel dan standar deviasi sebagai perhitungan SNR. Hasil penelitian diperoleh kV 50 nilai SNR 20, kV 55 nilai SNR 21,574, kV 60 nilai SNR 22,769, kV 65 nilai SNR 24,706, kV 70 nilai SNR 25,090, dan kV 75 dengan nilai SNR 27,510. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa seluruh variasi tegangan (kV) tersebut layak untuk evaluasi diagnostik, dengan kontras yang baik, *noise* yang rendah, dan detail anatomi yang cukup jelas, khususnya struktur halus seperti celah sendi, korteks tulang, dan fraktur. Hasil optimal terdapat pada kV 65 – 75.

Kata Kunci: *Ankle* proyeksi lateral, Image-J, SNR, Variasi Tegangan (kV)

ABSTRACT

Radiographic quality is determined by the anatomical structure which is influenced by exposure factors such as kV, mA, and s. Examination of the ankle joint with a lateral projection aims to check for fractures, dislocations, and joint effusions. As many as 20% of the population experiences ankle injuries. For accurate ankle radiographic images, image quality analysis is required using Image-J software that is able to measure image contrast and sharpness through the histogram feature, with the main parameter being *Signal-to-Noise Ratio* (SNR). The purpose of this study was to analyze the variation of kV 50, 55, 60, 65, 70, and 75 on SNR in lateral projection ankle examinations using Image-J. This type of research is quantitative descriptive using the histogram and SNR methods on Image-J. The research subject is phantom ankle and the object of this research is phantom ankle photo images which is projected laterally, exposed to 6 kV variations, and irradiated 3 times. Radiograph images were processed using Image-J through the stages of editing, DICOM file transfer, and histogram analysis. The images were focused on the Talus anatomy with the same ROI to calculate the average pixel value and standard deviation as the SNR calculation. The research results obtained kV 50 SNR value of 20, kV 55 SNR value of 21.574, kV 60 SNR value of 22.769, kV 65 SNR value of 24.706, kV 70 SNR value of 25.090, and kV 75 with SNR value of 27.510. Based on these results, it can be concluded that all kV variations are suitable for diagnostic evaluation, with good contrast, low noise, and clear anatomical details, especially fine structures such as joint spaces, bone cortex, and fractures. Optimal results are found at kV 65 – 75.

Keywords : *Ankle* lateral projection, Image-J, SNR, Variation (kV)

PENDAHULUAN

Citra radiografi adalah gambar hasil pemeriksaan tubuh pasien menggunakan sinar-X (BAPETEN, 2011). Kualitas radiografi merupakan kemampuan memperlihatkan struktur anatomi yang dalam gambar radiografi. Kualitas radiografi terdiri dari densitas, kontras, ketajaman, dan distorsi yang dipengaruhi oleh pengaturan faktor eksposi (PAPP, 2015). Faktor eksposi meliputi tegangan tabung (kV), arus tabung (mA), waktu (s) (Bontrager, 2018).

Salah satu pemeriksaan radiografi adalah pemeriksaan *ankle joint*. Proyeksi yang sering digunakan yaitu proyeksi Lateral (*mediolateral* atau *lateromedial*) bertujuan untuk melihat fraktur, dislokasi, dan efusi yang berhubungan dengan patologi sendi lainnya. Secara global diperkirakan kasus *ankle joint* adalah salah satu yang paling sering cedera dan jenis fraktur yang paling umum ditangani oleh ahli bedah *orthopedi*. Insiden pada kasus *fraktur ankle* diperkirakan sekitar 187 per 100.000 orang per tahun (Patel & Russell, 2023).

Pada pemeriksaan *ankle joint* untuk mendapatkan hasil kualitas citra radiografi *ankle joint* yang akurat diperlukan program pengukuran analisis citra pada kontras yaitu menggunakan *software* Image-J. *Software* ini merupakan pengolah citra/gambar yang dikembangkan oleh Wayne Rasband dari National Institutes of Health (NIH). Pengaplikasian *software* dalam bidang kesehatan untuk menentukan kualitas citra radiografi mengenai kontras dan ketajaman gambar menggunakan salah satu fitur pada aplikasi Image-J yaitu histogram (Novianto, 2019). Histogram merupakan sebuah grafik yang memberikan informasi atau menunjukkan frekuensi suatu intensitas warna. Sumbu horizontal pada grafik histogram menunjukkan intensitas warna yang dipakai (0-255) dan untuk sumbu vertikal menunjukkan jumlah titik yang menggunakan warna yang bersangkutan (Sutikno, 2007). Adapun parameter utama dalam mengukur kualitas citra disebut *Signal-to-Noise-Ratio* (SNR). SNR merupakan salah satu indikator pada Image-J yang memudahkan seorang pengamat untuk membedakan struktur yang berbeda dalam suatu citra (Agus et al., 2022).

METODE

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian kuantitatif deskriptif, dengan melakukan analisa variasi tegangan (kV) pada *phantom ankle* dengan proyeksi Lateral yaitu 50, 55, 60, 65, 70, 75. Metode yang digunakan yaitu Histogram dan SNR. Subjek pada penelitian ini adalah *phantom*. Objek penelitian ini adalah citra foto *phantom ankle* yang di proyeksikan Lateral di mana proyeksi tersebut diekspos dengan 6 variasi tegangan (kV). Alat dan bahan pada penelitian ini yaitu Pesawat sinar-X merek Toshiba Model E7239, Kaset CR, *Phantom ankle*, Penggaris, *Reader* merek Fujifilm model CR-IR 392, Komputer CR merk Fujifilm model CR-IR 392, *Flashdisk*, Laptop Asus Vivobook X505Z dengan *software* Image-J. Lokasi penelitian dilakukan di Rumah Sakit Baptis Kediri. Adapun cara analisisnya yaitu data citra radiografi dianalisis menggunakan *software* Image-J. Citra sesuai sampel dipindahkan dari komputer CR ke laptop peneliti dalam format DICOM untuk menjaga kualitas piksel. Analisis dilakukan dengan memilih area *Region of Interest* (ROI) pada tulang talus, lalu mengolah histogram citra untuk mengetahui nilai rata-rata piksel dan standar deviasi. Dari data tersebut dihitung nilai SNR (*Signal to Noise Ratio*) sebagai indikator

kualitas gambar. Berikut formula untuk mendapatkan nilai SNR:

$$SNR = \frac{\text{Mean signal value within ROI}}{\text{Standard deviation within ROI}}$$

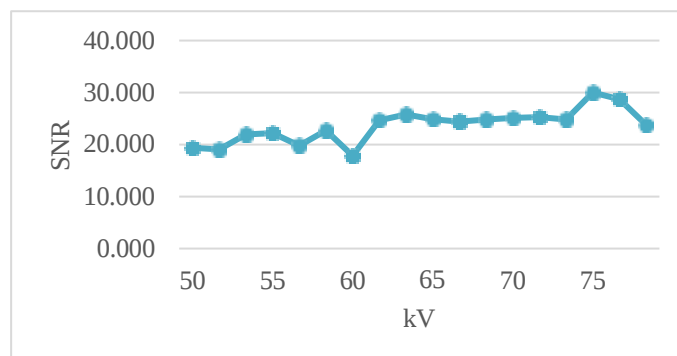
HASIL

Tabel 1. Hasil Pengolahan Data Pada Software Microsoft Excel

kV	mAs	Expose	Mean	Stddev	SNR	Rata Rata Mean	Rata Rata Stddev	Rata- Rata SNR
50	8	1	106.078	5.479	19,361	88.878	4.476	20
		2	92.334	4.841	19,073			
		3	68.222	3.107	21,958			
55	8	1	89.169	4.013	22,220	80.061	3.722	21,574
		2	77.497	3.916	19,790			
		3	73.518	3.237	22,712			
60	8	1	107.767	6.036	17,854	115.790	5.178	22,769
		2	117.000	4.748	24,642			
		3	122.602	4.750	25,811			
65	8	1	122.127	4.910	24,873	118.071	4.780	24,706
		2	121.935	4.991	24,431			
		3	110.151	4.439	24,814			
70	8	1	97.440	3.875	25,146	97.459	3.885	25,090
		2	94.076	3.721	25,282			
		3	100.862	4.060	24,843			
75	8	1	116.756	3.891	30,007	116.219	4.266	27,510
		2	116.317	4.048	28,734			
		3	115.583	4.859	23,787			

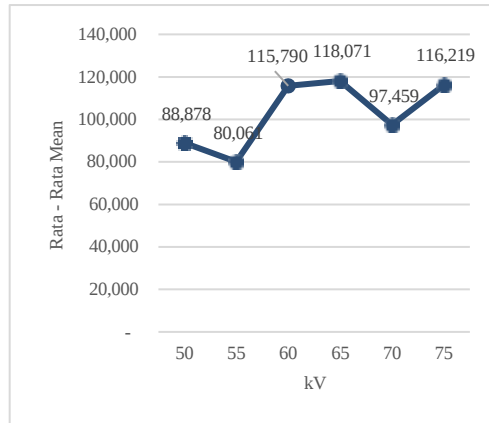
Sumber: Data Primer, 2025

Pada Tabel 1. Menunjukkan hasil pengolahan data *ankle lateral* pada paparan mAs tetap sebesar 8 menggunakan 3 ekspose setiap kV dengan hasil data yang telah di *Region Of Interest (ROI)* kemudian di hitung menggunakan *microsoft excel* dengan perubahan nilai dari rata-rata *Mean (Signal)*, Standar Devisiasi (*Noise*), dan SNR yang signifikan. Perbedaan hasil Mean, StdDev, dan SNR antar eksposur disebabkan oleh beberapa faktor seperti *noise* acak, fluktuasi intensitas cahaya, kalibrasi sensor, pengaruh lingkungan, dan jumlah sampel yang terbatas.



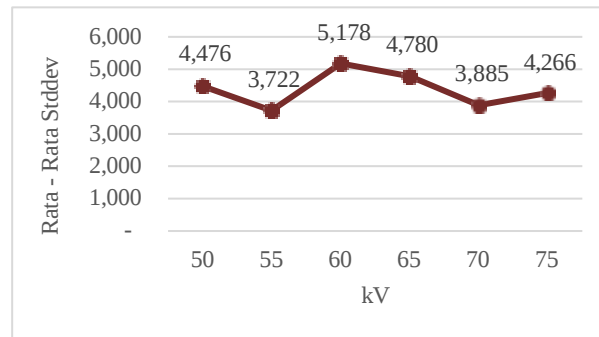
Grafik 1 Nilai SNR dengan variasi tegangan (kV) 50, 55, 60, 65, 70, 75 yang di ekspose 3 kali di setiap nilai Kv

Analisis Variasi Kilovolt (kV) terhadap *Signal to Noise Ratio* (SNR) pada Pemeriksaan *Ankle Proyeksi Lateral* dengan Menggunakan *Image-J*



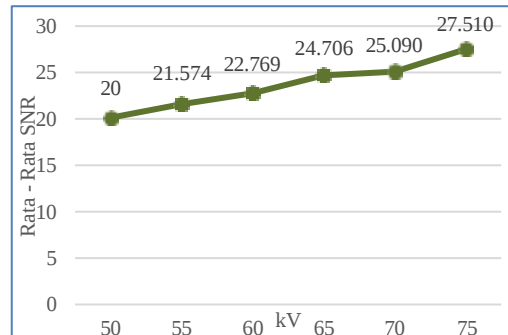
Grafik 2 Menunjukkan nilai rata – rata *Mean* yang telah selesai di ROI

Pada grafik menunjukkan nilai rata-rata *mean* tertinggi ada pada kV 65 dengan nilai 118,071 dan nilai terendah ada pada kV 50 senilai 80,061.



Grafik 3 Menunjukkan nilai rata – rata *StdDev* yang telah selesai di ROI

Pada grafik menunjukkan bahwa nilai *StdDev* tertinggi ada pada kV 60 dengan nilai 5.178 dan nilai terendah pada kV 55 senilai 3.722



Grafik 4 Menunjukkan nilai rata-rata SNR yang telah selesai di ROI

Dengan perolehan nilai tertinggi pada kV 75 senilai 27,510 dan nilai rata-rata SNR ada pada kV 50 senilai 20.

PEMBAHASAN

- Gambaran variasi tegangan (kv) 50, 55, 60, 65, 70, 75 pada pemeriksaan ankle proyeksi lateral

Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi tegangan (kV) memengaruhi nilai *mean*, standar deviasi, dan kualitas citra radiograf. Pada kV 50, gambar tampak gelap namun kontras tinggi, sedangkan noise masih wajar. Peningkatan ke 55 kV sedikit mengurangi

kecerahan, namun noise tetap stabil, mendukung pendapat Huda & Slone (2003) bahwa kV rendah meningkatkan kontras tetapi berisiko meningkatkan noise tanpa penyesuaian mAs. Pada 60–65 kV, kecerahan dan kualitas gambar meningkat signifikan, menunjukkan energi sinar-X cukup untuk menembus jaringan dengan baik. Namun, pada 70 kV, kualitas gambar menurun karena peningkatan noise dan penurunan kontras, meskipun pada 75 kV citra menjadi lebih terang dan halus dengan noise paling rendah. Hal ini sesuai dengan Carlton & Adler (2012) serta Daini et al. (2020) yang menekankan pentingnya keseimbangan antara kV, kontras, dan penetrasi. Temuan ini diperkuat oleh Fauzya (2022) dan Hellén-Halme & Nilsson (2013), yang menyatakan bahwa kV rendah meningkatkan kontras tapi menurunkan penetrasi, sedangkan kV tinggi meningkatkan densitas namun bisa menurunkan kontras. Hoogeveen et al. (2021) menyimpulkan bahwa rentang ideal untuk radiografi ekstremitas berada di antara 60–70 kV dengan pengaturan mAs yang tepat untuk menjaga kualitas dan dosis radiasi.

b. Nilai snr pada pemeriksaan ankle proyeksi lateral menggunakan aplikasi image-j

Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan tegangan tabung (kV) secara umum berbanding lurus dengan peningkatan nilai *Signal to Noise Ratio* (SNR), yang berarti semakin tinggi tegangan tabung, semakin baik kualitas citra radiografi yang dihasilkan. Seluruh nilai rata-rata SNR yang diperoleh berada dalam kisaran ideal (20–30), sebagaimana dikemukakan oleh Seeram (2016), yang menyatakan bahwa rentang ini cukup untuk menghasilkan citra diagnostik digital dengan detail anatomi yang jelas. Pada kV 50, SNR tercatat sebesar 20, menandakan bahwa meskipun kV rendah memberikan kontras tinggi, noise masih cukup tinggi dan citra cenderung gelap. Peningkatan ke 55 kV memberikan perbaikan kualitas citra (SNR = 21,574), disebabkan oleh peningkatan energi foton dan penetrasi jaringan yang lebih baik. Nilai ini terus meningkat secara signifikan pada 60 dan 65 kV (SNR = 24,706), yang menunjukkan titik optimal keseimbangan antara kontras, penetrasi, dan kestabilan antar-ekspose.

Menurut Bushong (2013), peningkatan kV meningkatkan energi foton dan mengurangi hamburan, yang sejalan dengan temuan ini, di mana kualitas citra tampak optimal pada kisaran tersebut. *Signal to Noise Ratio* tertinggi tercapai pada 75 kV (rata-rata 27,510), namun disertai dengan fluktuasi antar-ekspose yang signifikan, mengindikasikan potensi ketidakstabilan akibat peningkatan hamburan dan variabel teknis seperti kolimasi atau posisi objek. Hal ini sejalan dengan Martin et al. (2012), yang menyebutkan bahwa kualitas optimal hanya tercapai jika penetrasi cukup tanpa meningkatkan noise secara berlebihan. Wardhani (2021) juga melaporkan bahwa peningkatan kV mampu meningkatkan SNR secara signifikan pada radiografi ekstremitas, namun harus diimbangi dengan kontrol terhadap kontras dan dosis.

Dengan demikian, meskipun kV 75 memberikan nilai tertinggi, kestabilan terbaik dan efisiensi diagnostik tertinggi dicapai pada kisaran 65–70 kV. Variasi nilai SNR antar-ekspose menunjukkan pentingnya pengambilan data berulang untuk mendapatkan hasil yang representatif secara klinis. Pemilihan teknik eksposi yang tepat, khususnya dalam pengaturan kV, perlu mempertimbangkan pencapaian SNR optimal tanpa mengorbankan konsistensi citra maupun prinsip proteksi radiasi sesuai kaidah ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*).

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang ada diperoleh kV 50 dengan nilai SNR 20, kV 55 dengan nilai SNR 21,574, kV 60 dengan nilai SNR 22,769, kV 65 dengan nilai SNR 24,706, kV 70 dengan nilai SNR 25,090, kV 75 dengan nilai SNR 27,510. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa seluruh variasi tegangan tersebut layak untuk evaluasi diagnostik, dengan kontras yang baik, noise yang rendah, dan detail anatomi yang cukup jelas, khususnya pada struktur halus seperti celah sendi, korteks tulang, dan kemungkinan fraktur. Adapun hasil optimal pada kV 65 – 75 dengan nilai SNR 24,706, kV 70 dengan nilai SNR 25,090, kV 75 dengan nilai SNR 27,510.

REFERENSI

- Agus, M., Rahmat, R. F., & Fitriani, Y. (2022). *Analisis Kualitas Citra Digital Berdasarkan Nilai Signal to Noise Ratio (SNR)*. Jakarta: Penerbit Media Sains Indonesia.
- Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN). (2011). *Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 8 Tahun 2011 tentang Keselamatan Radiasi dalam Penggunaan Pesawat Sinar-X Radiologi Diagnostik dan Intervensional*.
- Bontrager, K. L., dan John P. Lampignano. (2018). *Radiographic Positioning and Related Anatomy, 6 th Edition*. United State of America: Elsevier Mosby.
- Bushong, S. C. (2013). *Radiologic Science for Technologists: Physics, Biology, and Protection*. 10th ed. Elsevier.
- Daini, L., et al. (2020). The effect of tube voltage on image quality and patient dose in digital radiography. *Journal of Radiological Science*, 45(2), 120–127. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7753839>
- Hellén-Halme, K., & Nilsson, M. (2013). The Effects on Absorbed Dose Distribution in Intraoral X- ray Imaging When Using Tube Voltages of 60 and 70 kV. *Journal of Oral & Maxillofacial Research*, 4(3), e2. <https://doi.org/10.5037/jomr.2013.4302>
- Hoogeveen, R. C., van Beek, H., & Berkhout, W. E. R. (2021). Ambient dose during intraoral radiography with current techniques: part 3: effect of tube voltage. *Dentomaxillofacial Radiology*, 50(4), 20200362. <https://doi.org/10.1259/dmfr.20200362>
- Martin, C. J., et al. (2012). Radiation Protection in Medical Imaging. *The British Journal of Radiology*.
- Novianto, Toni Dwi. (2019). *Pengukuran Nilai Porositas Menggunakan Software Image-J*. Yogyakarta, LRMPHP.
- PAPP. (2015). *Pengaruh pengaturan faktor eksposi terhadap kualitas radiografi: Densitas, kontras, ketajaman, dan distorsi*. Yogyakarta: Penerbit PAPP.
- Patel, P., & Russell, T. G. (2023). Ankle radiographic evaluation. In *StatPearls [Internet]*. StatPearls Publishing. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK557462/>
- Seeram, E. (2016). *Digital Radiography: Physical Principles and Quality Control*. Saunders.
- Sutikno, K. Firdausy, dan E.Prasetyo. (2007). *Perangkat Lunak Perbaikan Kualitas Citra Digital Model RGB dan HIS Dengan Operasi Peningkatan Kontras*. Jakarta. SNATI.
- Wardhani, A. R. (2021). Pengaruh Variasi kV terhadap Nilai SNR dan Kualitas Citra Radiografi Ekstremitas Bawah. *Skripsi*, Poltekkes Kemenkes Semarang.