

Pengaruh Tegangan Tabung (Kv) pada Pemeriksaan Thorax terhadap Kualitas Citra Radiografi di RS Efarina Pangkalan Kerinci

Bambang Kustoyo¹, Christine Dear Hara Saragih²,

^{1,2}Fakultas Kesehatan, Universitas Efarina, Jl. Pendeta J. Wismar Saragih No.72-74, Bane, Kec. Siantar Utara, Kota Pematang Siantar, Sumatera Utara, 21143, Indonesia

*Email Korespondensi : kustoyobambang407@gmail.com

Abstract

X-ray tube voltage is one of the exposure factors that significantly influence the quality of radiographic images. The use of standard versus high voltage can impact the contrast and sharpness of thoracic radiographic images. This study aims to determine the effect of variations in tube voltage in thoracic examinations on radiographic image quality. This experimental study was conducted at Efarina Hospital, Pangkalan Kerinci, using a Toshiba X-ray machine model DRX-1824B. Irradiation was carried out using standard voltage (50-70 kV) and high voltage (90-110 kV) with a distance of 100 cm and a time of 10 mAs. Image quality was analyzed using Image-J software with a histogram feature. Standard voltage (50 kV) produced good radiographic image quality with clear histogram readings, showing the black background position from 16 to 36 and the object position from 37 to 79, allowing clear differentiation between the object edge and the background. High voltage (90 kV) results in reduced contrast, with a dominant grayscale gradient from positions 10 to 132, making objects and background indistinguishable. Standard tube voltage provides better radiographic image quality than high voltage for thorax examinations.

Keywords: image quality, image-j, tube voltage, thorax examination, x-ray

Abstrak

Tegangan tabung sinar-X merupakan salah satu faktor ekspos yang berpengaruh signifikan terhadap kualitas citra radiografi. Penggunaan tegangan standar versus tinggi dapat berdampak pada kontras dan ketajaman citra radiografi thorax. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi tegangan tabung pada pemeriksaan thorax terhadap kualitas citra radiografi. Penelitian eksperimental ini dilakukan di RS Efarina Pangkalan Kerinci menggunakan pesawat sinar-X Toshiba model DRX-1824B. Penyinaran dilakukan menggunakan tegangan standar (50-70 kV) dan tegangan tinggi (90-110 kV) dengan jarak 100 cm dan waktu 10 mAs. Kualitas citra dianalisis menggunakan software Image-J dengan fitur histogram. Tegangan standar (50 kV) menghasilkan kualitas citra radiografi yang baik dengan pembacaan histogram yang jelas, menunjukkan posisi background hitam dari 16 sampai 36 dan posisi objek dari 37 sampai 79, memungkinkan perbedaan yang jelas antara tepi objek dan background. Tegangan tinggi (90 kV) menghasilkan penurunan kontras dengan gradasi warna abu-abu yang mendominasi dari posisi 10 sampai 132, sehingga objek dan background tidak dapat dibedakan. Tegangan tabung standar memberikan kualitas citra radiografi yang lebih baik dibandingkan tegangan tinggi untuk pemeriksaan thorax.

Kata Kunci: kualitas citra, image-j, pemeriksaan thorax, tegangan tabung, sinar-x

PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi saat ini meningkat dengan pesat, salah satunya dalam aspek kesehatan terutama di instalasi radiologi rumah sakit. Radiologi adalah bidang yang berhubungan erat dengan pemanfaatan radiasi sinar-X untuk keperluan diagnosis. Perkembangan radiologi diawali dengan ditemukannya radiasi sinar-X oleh Wilhelm Conrad Roentgen pada tahun 1895 di Universitas Wurzburg, Jerman. Penemuan ini kemudian

memicu banyaknya pemanfaatan radiasi dalam masyarakat, terutama di bidang kedokteran (Bushong, 2001).

Sinar-X atau sinar Roentgen adalah salah satu modalitas medis yang sangat menunjang di dunia kedokteran. Sinar-X memiliki beberapa manfaat yang dapat menguntungkan dalam dunia kedokteran, salah satunya adalah untuk mendiagnosis penyakit yang diderita oleh pasien. Sinar-X dapat digunakan untuk pemeriksaan seperti foto thorax, abdomen, cruris, dan organ tubuh lainnya. Dalam pemanfaatannya, penggunaan sinar-X bukan hanya untuk pemeriksaan pasien dewasa, tetapi juga dapat dimanfaatkan untuk pemeriksaan organ tubuh pada anak-anak (Rasad, 2005).

Namun, di balik manfaat penggunaan sinar-X, terdapat kerugian yang dapat ditimbulkan apabila penggunaannya melewati ambang batas tertentu. Radiasi dapat memberikan efek berbahaya bagi tubuh manusia jika tidak dikelola dengan baik. Oleh karena itu, optimalisasi parameter eksposur menjadi sangat penting untuk menghasilkan citra diagnostik yang berkualitas dengan dosis radiasi yang minimal (BATAN, 2005).

Faktor ekspos yang terdiri dari tegangan tabung (kV), arus tabung (mA), waktu ekspos (s), dan jarak (cm) merupakan faktor yang dapat memberikan pengaruh dan menentukan kualitas serta kuantitas citra yang dihasilkan pada proses penyinaran. Tegangan tabung (kilovolt peak/kVp) adalah salah satu parameter eksposur yang paling berpengaruh terhadap kualitas citra radiografi karena menentukan energi foton sinar-X yang dihasilkan, yang kemudian mempengaruhi daya tembus radiasi terhadap jaringan (Carrol, 1985).

Teknik tegangan tinggi merupakan pengembangan teknik radiografi dengan menaikkan nilai kV dari kV standar. Tegangan standar yang secara umum digunakan untuk membuat radiograf thorax berkisar antara 50-70 kV, sedangkan teknik kV tinggi menggunakan tegangan berkisar antara 90-150 kV. Namun, penggunaan teknik kV tinggi harus memperhatikan spesifikasi pesawat sinar-X yang digunakan dan kondisi atau ketebalan objek yang akan disinari. Radiograf yang dihasilkan menggunakan teknik kV tinggi dapat menurunkan kontras bila dibandingkan dengan radiograf dengan kV rendah (Carrol, 1985).

Kualitas radiografi meliputi densitas, kontras, ketajaman, dan distorsi. Untuk menghasilkan radiografi yang memberikan informasi diagnostik maksimal, diperlukan radiografi yang optimal. Salah satu faktor yang dapat menurunkan kualitas radiografi adalah radiasi hambur (scatter radiation), yang dapat meningkat seiring dengan peningkatan tegangan tabung (White & Pharoah, 2014).

Image-J merupakan software pengolah citra yang dikembangkan oleh Wayne Rasband dari National Institutes of Health (NIH). Image-J ditulis menggunakan Java dan dapat dijalankan pada berbagai sistem operasi seperti Linux, Macintosh, dan Windows. Salah satu aplikasi software ini dalam bidang kesehatan adalah untuk menentukan kualitas citra radiografi mengenai kontras dan ketajaman gambar menggunakan fitur histogram (Nurkhamid & Sutejo, 2012).

Histogram merupakan grafik yang memberikan informasi atau menunjukkan frekuensi intensitas warna. Sumbu horizontal pada grafik histogram menunjukkan intensitas warna (0-255), dengan 0 mewakili hitam sempurna, nilai tengah mewakili abu-abu, dan 255 mewakili putih sempurna. Sumbu vertikal menunjukkan jumlah piksel yang menggunakan intensitas warna tersebut. Analisis histogram dapat memberikan informasi objektif tentang kualitas citra radiografi (Sutikno et al., 2007).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi tegangan tabung pada pemeriksaan thorax terhadap kualitas citra radiografi di RS Efarina Pangkalan Kerinci. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan bagi radiografer dalam menentukan parameter eksposur yang optimal untuk pemeriksaan thorax, sehingga dapat

menghasilkan citra diagnostik yang berkualitas dengan dosis radiasi yang serendah mungkin sesuai prinsip ALARA (As Low As Reasonably Achievable).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental yang dilakukan di Instalasi Radiologi RS Efarina Pangkalan Kerinci pada bulan Mei-Agustus 2023. Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan tegangan tabung yang bervariasi pada pemeriksaan thorax terhadap kualitas citra radiografi.

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: (1) Pesawat sinar-X merek Toshiba dengan unit model DRX-1824B nomor seri 3D0971 dengan stator XS-AV yang menggunakan sistem X-ray Konvensional, (2) Software Image-J Basics berbasis platform Java untuk analisis kualitas citra, (3) Phantom pengganti objek manusia (baskom berisi air), (4) Meteran untuk pengukuran jarak fokus ke film (FFD), (5) Kaset/Image Receptor Fuji Film ukuran 15 cm x 15 cm, dan (6) Komputer untuk pengolahan data.

Penelitian dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama adalah penyinaran dan pengambilan data. Phantom air disiapkan sebagai pengganti objek manusia untuk simulasi pemeriksaan thorax. Parameter eksposur yang digunakan adalah tegangan standar (50 kV, 60 kV, dan 70 kV) dan tegangan tinggi (90 kV, 100 kV, dan 110 kV) dengan jarak 100 cm dan waktu 10 mAs yang konstan untuk semua eksposur. Total dilakukan 6 kali eksposur dengan variasi tegangan. Semua hasil citra radiografi didokumentasikan secara digital.

Tahap kedua adalah pengolahan dan analisis data menggunakan software Image-J. Citra radiografi hasil penyinaran diimpor ke dalam software Image-J. Setiap citra dianalisis menggunakan fitur histogram untuk mengetahui mean (rata-rata intensitas citra), standard deviation (ukuran rata-rata kontras), distribusi gray level (minimum dan maksimum), dan gray level tertinggi (mode).

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah tegangan tabung (kV) dengan kategori tegangan standar (50-70 kV) dan tegangan tinggi (90-110 kV). Variabel terikat adalah kualitas citra radiografi yang meliputi kontras, ketajaman, dan distribusi gray level. Variabel kontrol adalah jarak penyinaran (100 cm), arus waktu (10 mAs), phantom yang digunakan, dan pesawat sinar-X.

Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif dengan membandingkan parameter histogram antara tegangan standar dan tegangan tinggi. Kualitas citra dinilai berdasarkan kemampuan membedakan tepi objek dari background, distribusi gray level yang optimal (mendekati 0-80 tanpa dominasi nilai keabuan), serta ketajaman dan kejelasan detail. Citra dinyatakan berkualitas baik jika memiliki kontras yang cukup, ketajaman yang baik, dan distribusi gray level yang merata tanpa adanya nilai keabuan yang mendominasi.

HASIL

Karakteristik Citra Radiografi dengan Tegangan Standar

Hasil penyinaran menggunakan tegangan standar (50-70 kV) dengan jarak 100 cm dan waktu 10 mAs menunjukkan kualitas citra yang baik secara visual. Objek phantom air terlihat jelas dengan tepi yang tegas dan background yang dapat dibedakan dengan mudah.

Tabel 1. Hasil Analisis Histogram Citra Radiografi dengan Tegangan Standar

No	Tegangan Tabung (kV)	Mean	Std Dev	Distribusi Gray Level (Min-Max)	Gray Level Tertinggi (Posisi)
1	50	36,804	14,541	16 - 79	31 (73833)
2	60	41,405	12,741	16 - 78	32 (80352)
3	70	53,161	7,748	29 - 77	51 (93700)

Berdasarkan Tabel 1, penggunaan tegangan 50 kV menghasilkan distribusi gray level yang paling lebar dengan rentang dari 16 hingga 79. Hal ini menunjukkan kontras yang baik antara objek dan background. Pada tegangan 60 kV, distribusi gray level hampir sama (16-78) dengan nilai mean yang sedikit lebih tinggi (41,405). Tegangan 70 kV menunjukkan rentang distribusi yang lebih sempit (29-77) dengan nilai mean tertinggi (53,161) di antara ketiga tegangan standar.

Karakteristik Citra Radiografi dengan Tegangan Tinggi

Hasil penyinaran menggunakan tegangan tinggi (90-110 kV) menunjukkan penurunan kualitas citra secara visual. Objek phantom terlihat kurang jelas dengan tepi yang buram dan seakan menyatu dengan background. Terdapat dominasi nilai keabuan pada citra yang dihasilkan.

Tabel 2. Hasil Analisis Histogram Citra Radiografi dengan Tegangan Tinggi

No	Tegangan Tabung (kV)	Mean	Std Dev	Distribusi Gray Level (Min-Max)	Gray Level Tertinggi (Posisi)
1	90	79,636	31,834	10 - 132	113 (39589)
2	100	82,515	30,237	20 - 129	109 (19554)
3	110	111,623	30,427	41 - 163	148 (43663)

Berdasarkan Tabel 2, penggunaan tegangan 90 kV menghasilkan distribusi gray level yang sangat lebar (10-132) dengan nilai mean yang tinggi (79,636). Nilai standard deviation yang tinggi (31,834) menunjukkan variasi kontras yang besar. Tegangan 100 kV menunjukkan pola serupa dengan rentang 20-129. Tegangan 110 kV menghasilkan nilai mean tertinggi (111,623) dengan distribusi 41-163, menunjukkan dominasi nilai keabuan yang sangat tinggi.

Perbandingan Kualitas Citra

Tabel 3. Perbandingan Karakteristik Histogram antara Tegangan Standar dan Tegangan Tinggi

Parameter	Tegangan Standar (50-70 kV)	Tegangan Tinggi (90-110 kV)	Parameter
Rentang Mean	36,804 - 53,161	79,636 - 111,623	Rentang Mean
Rentang Std Dev	7,748 - 14,541	30,237 - 31,834	Rentang Std Dev
Distribusi Gray Level	Sempit (16-79)	Lebar (10-163)	Distribusi Gray Level
Kualitas Kontras	Baik	Kurang Baik	Kualitas Kontras
Ketajaman Tepi Objek	Jelas	Buram	Ketajaman Tepi Objek
Kemampuan Diagnosis	Informatif	Kurang Informatif	Kemampuan Diagnosis

Dari Tabel 3 dapat dilihat bahwa tegangan standar menghasilkan citra dengan nilai mean yang lebih rendah, menunjukkan citra yang cenderung lebih gelap dengan kontras yang baik. Standard deviation yang lebih rendah pada tegangan standar menunjukkan kontras yang lebih stabil. Distribusi gray level yang lebih sempit pada tegangan standar (16-79) menunjukkan tidak adanya nilai keabuan yang mendominasi, sehingga tepi objek dan background dapat dibedakan dengan jelas.

Sebaliknya, tegangan tinggi menghasilkan nilai mean yang lebih tinggi dengan distribusi gray level yang sangat lebar, menunjukkan dominasi nilai keabuan. Hal ini menyebabkan tepi objek menjadi buram dan menyatu dengan background, mengurangi kemampuan diagnosis dari citra yang dihasilkan.

Analisis Visual Citra Radiografi

Secara visual, citra radiografi yang dihasilkan dengan tegangan standar menunjukkan:

1. Objek phantom air terlihat jelas dengan batas tepi yang tegas
2. Background hitam dapat dibedakan dengan mudah dari objek
3. Tidak ada nilai keabuan yang mendominasi
4. Detail struktur dapat diamati dengan baik
5. Kontras antara densitas air dan udara optimal

Sedangkan citra radiografi dengan tegangan tinggi menunjukkan:

1. Objek phantom terlihat seakan ter-zoom atau melebar
2. Tepi objek buram dan sulit dibedakan dari background
3. Dominasi nilai keabuan pada seluruh area citra
4. Detail struktur tidak jelas
5. Kontras antara objek dan background sangat rendah

RSU Efarina Etaham Pematangsiantar adalah rumah sakit umum tipe C yang dikelola oleh PT Efarina Etaham Group. Rumah sakit ini menyediakan berbagai pelayanan medis meliputi Pelayanan Gawat Darurat, Pelayanan Rawat Jalan, Pelayanan Rawat Inap, Pelayanan ICU, dan Pelayanan NICU/PICU, serta didukung pelayanan penunjang medis yaitu Instalasi Farmasi, Instalasi Laboratorium, Instalasi Gizi, dan Instalasi Radiologi.

Unit Radiologi merupakan salah satu jenis pelayanan penunjang medis yang melayani pasien rawat jalan dan rawat inap. Jenis penyakit yang biasa ditangani di unit radiologi seperti TB Paru dan patah tulang. Unit radiologi RSU Efarina Etaham Pematangsiantar memiliki satu jenis penyinaran yang menghasilkan foto rontgen, yaitu X-ray conventional.

PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tegangan tabung memberikan pengaruh signifikan terhadap kualitas citra radiografi pada pemeriksaan thorax. Penggunaan tegangan standar (50-70 kV) menghasilkan kualitas citra yang lebih baik dibandingkan dengan tegangan tinggi (90-110 kV). Temuan ini sesuai dengan teori yang dikemukakan oleh Carrol (1985) yang menyatakan bahwa radiograf yang dihasilkan menggunakan teknik kV tinggi dapat menurunkan kontras bila dibandingkan dengan radiograf dengan kV rendah. Tegangan tabung menentukan energi foton sinar-X yang dihasilkan, dan pada tegangan rendah, foton memiliki energi lebih rendah sehingga lebih banyak diserap oleh jaringan, menghasilkan perbedaan densitas yang lebih besar antara berbagai struktur anatomis (Bushong, 2001).

Analisis histogram menggunakan software Image-J terbukti efektif sebagai metode objektif untuk mengevaluasi kualitas citra radiografi. Menurut Nurkhamid & Sutejo (2012), citra yang baik memiliki distribusi gray level yang mendekati 0-80 tanpa nilai keabuan yang mendominasi. Hasil penelitian ini mendukung pernyataan tersebut, dimana tegangan standar 50 kV menghasilkan distribusi gray level 16-79. Salah satu penyebab penurunan kualitas citra pada tegangan tinggi adalah peningkatan radiasi hambur yang mencapai image receptor dari berbagai arah, membentuk background fog yang mengurangi kontras citra (Lee, 2007).

Penggunaan tegangan standar memberikan keseimbangan terbaik antara kualitas citra dan dosis radiasi sesuai prinsip ALARA (BATAN, 2005).

SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, tegangan tabung memberikan pengaruh signifikan terhadap kualitas citra radiografi pada pemeriksaan thorax. Penggunaan tegangan standar (50-70 kV) menghasilkan kualitas citra yang baik dengan kontras optimal, ketajaman jelas, dan distribusi gray level ideal. Tegangan 50 kV memberikan hasil terbaik dengan pembacaan histogram menunjukkan posisi background hitam dari 16-36 dan posisi objek dari 37-79. Penggunaan tegangan tinggi (90-110 kV) menghasilkan penurunan kualitas citra dengan dominasi nilai keabuan dan kontras rendah. Disarankan menggunakan tegangan standar untuk pemeriksaan thorax rutin guna menghasilkan citra diagnostik berkualitas dengan dosis radiasi minimal.

SARAN

Disarankan kepada pihak manajemen RSU Efarina Etaham Pematangsiantar untuk segera melengkapi ketersediaan APD sesuai standar rumah sakit tipe C, termasuk Neck Pb, Gonad Pb, Kacamata Pb, dan Sarung Tangan Pb. Perlu disusun dan dilengkapi SOP yang komprehensif untuk seluruh pelayanan radiologi yang dipersyaratkan. Diperlukan pelatihan dan sosialisasi berkala kepada pekerja radiologi tentang pentingnya penggunaan APD lengkap dan prosedur keselamatan radiasi. Perlu dilakukan pengawasan dan evaluasi rutin terhadap penggunaan APD dan kepatuhan terhadap SOP. Disarankan juga untuk melakukan penelitian lanjutan tentang pemantauan dosis radiasi yang diterima pekerja dan evaluasi efektivitas program keselamatan radiasi di rumah sakit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak manajemen RS Efarina Pangkalan Kerinci yang telah memberikan izin dan fasilitas untuk melaksanakan penelitian ini, serta kepada seluruh staf Instalasi Radiologi yang telah membantu dalam proses pengambilan data. Terima kasih juga kepada Fakultas Kesehatan Universitas Efarina atas bimbingan dan dukungannya.

DAFTAR PUSTAKA

- BATAN. (2005). *Desain Penahan Ruang Sinar-X*. Pusdiklat BATAN.
- Bushong, C. S. (2001). *Radiology Science for Technology: Physics, Biology, and Protection* (7th ed.). Mosby Company.
- Carrol, Q. B. (1985). *Principle of Radiographic Exposure Processing and Quality Control* (3rd ed.). Thomas Publisher.
- Hernawati, S. (2012). *Gelombang*. Alauddin University Press.
- Kurniawan, A., Santoso, B., & Wijaya, D. (2021). Optimasi Parameter Eksposur Radiografi Thorax untuk Meningkatkan Kualitas Citra. *Jurnal Radiologi Indonesia*, 15(2), 112-120.
- Lee, S. C. (2007). *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*. ROC.
- Nurkhamid, M., & Sutejo. (2012). *Metode Kecerahan Citra Kontras dan Penajaman Citra untuk Peningkatan Mutu Citra*. Universitas Indonesia.

- Patel, P. R. (2005). *Lecture Notes: Radiologi*. Erlangga.
- Pratama, R., & Kusuma, H. (2020). Analisis Histogram sebagai Metode Objektif Evaluasi Kualitas Citra Radiografi. *Indonesian Journal of Radiology*, 12(1), 45-52.
- Rasad, S. (1999). *Radiologi Diagnostik Pencitraan Diagnosis* (Edisi Pertama). FKUI.
- Rasad, S. (2005). *Radiologi Diagnostik* (Edisi Kedua). FKUI.
- Santoso, D., & Wibowo, T. (2019). Perbandingan Kualitas Citra Radiografi dengan Variasi kVp pada Pemeriksaan Thorax. *Jurnal Imaging Diagnostik*, 6(2), 78-85.
- Sutikno, K., Firdausy, & Prasetyo, E. (2007). Perangkat Lunak Perbaikan Kualitas Citra Digital Model RGB dan HIS dengan Operasi Peningkatan Kontras. SNATI.
- White, S., & Pharoah, M. (2014). *Oral Radiology Principle and Interpretation* (7th ed.). Elsevier Mosby.
- Wijaya, K., & Suryani, L. (2022). Pengaruh Faktor Eksposur terhadap Kualitas Citra Radiografi Digital. *Jurnal Teknologi Radiologi*, 9(1), 23-30.