

Studi Komparatif Dosis Radiasi pada Pemeriksaan CT Scan Kepala dengan Berbagai Parameter Eksposi

Bambang Kustoyo¹
Universitas Efarina^{1,2}
kustoyobambang407@gmail.com¹

Abstrak

Pemeriksaan Computed Tomography (CT) Scan kepala adalah prosedur diagnostik rutin yang vital, namun juga menjadi sumber paparan radiasi ionisasi terbesar dalam pencitraan medis. Optimalisasi dosis radiasi adalah prioritas utama untuk mengurangi risiko kesehatan pasien tanpa mengorbankan informasi diagnostik. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan studi komparatif tentang bagaimana variasi parameter eksposi CT (Tube Current [mA] atau mAs, Tube Voltage [kVp], dan Pitch Factor) memengaruhi dosis radiasi yang diterima selama pemeriksaan CT Scan kepala. Pengukuran dilakukan pada fantom kepala antropomorfik menggunakan dosimeter standar, mencatat nilai Computed Tomography Dose Index (CTDI_{vol}) dan Dosis Panjang Produk (DLP) untuk berbagai kombinasi parameter. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penurunan kVp dan mAs, serta peningkatan pitch, secara signifikan mengurangi dosis radiasi. Penurunan 20 kVp dapat menurunkan dosis hingga [misal: 30-40%], sementara pengurangan 50 mAs juga menghasilkan penurunan yang signifikan. Studi ini menekankan perlunya protokol yang disesuaikan dan penggunaan fitur optimasi dosis pada CT modern untuk mematuhi prinsip ALARA (As Low As Reasonably Achievable) demi keselamatan pasien.

Kata Kunci: CT Scan Kepala, Dosis Radiasi, Parameter Eksposi, CTDI_{vol}, DLP, Proteksi Radiasi, Optimasi Dosis.

Pendahuluan

Computed Tomography (CT) Scan telah menjadi alat diagnostik yang tak tergantikan dalam praktik klinis modern, khususnya untuk pencitraan kepala yang menyediakan detail anatomi yang superior untuk diagnosis kondisi neurologis akut dan kronis. Namun, seiring dengan peningkatan penggunaan CT Scan, kekhawatiran mengenai paparan radiasi ionisasi yang diterima pasien juga meningkat. CT Scan kepala, meskipun hanya mencakup volume tubuh yang relatif kecil, merupakan kontributor signifikan terhadap dosis radiasi kolektif populasi, terutama karena sensitivitas jaringan otak dan struktur sekitarnya terhadap radiasi.

Prinsip fundamental proteksi radiasi, ALARA (As Low As Reasonably Achievable), mewajibkan dosis radiasi dijaga serendah mungkin tanpa mengorbankan kualitas citra yang diperlukan untuk diagnosis yang akurat. Dalam konteks CT Scan, parameter eksposi seperti Tube Current (mA), Tube Voltage (kVp), dan Pitch Factor secara langsung memengaruhi dosis radiasi dan kualitas citra. Perubahan kecil pada parameter ini dapat menghasilkan perbedaan signifikan pada dosis yang diterima pasien.

Penelitian ini bertujuan untuk secara sistematis menginvestigasi dan membandingkan dampak berbagai parameter eksposi pada dosis radiasi yang diukur pada fantom kepala antropomorfik. Pemahaman yang lebih baik tentang hubungan ini sangat penting untuk



pengembangan protokol CT Scan kepala yang optimal, yang menyeimbangkan kebutuhan diagnostik dengan mitigasi risiko radiasi.

Metodologi

Peralatan dan Fantom

Eksperimen dilakukan menggunakan mesin CT Scan multislice [merek dan model, misal: GE Revolution CT]. Fantom kepala antropomorfik PMMA (Polymethyl Methacrylate) silindris dengan diameter 16 cm digunakan untuk simulasi kepala pasien. Pengukuran dosis dilakukan menggunakan dosimeter ion chamber yang ditempatkan pada lubang tengah dan perifer fantom sesuai standar IEC.

Parameter Eksposi yang Diuji

Kami menguji beberapa protokol CT Scan kepala dengan variasi sistematis pada parameter kunci:

Tube Voltage (kVp): [Contoh: 80 kVp, 100 kVp, 120 kVp].

Tube Current-Time Product (mAs): [Contoh: 150 mAs, 200 mAs, 250 mAs].

Pitch Factor: [Contoh: 0.9, 1.0, 1.1].

Parameter lainnya seperti ketebalan irisan ([misal: 5 mm]), waktu rotasi tabung ([misal: 0.5 detik]), dan Field of View (FOV) dijaga konstan sepanjang eksperimen.

Pengukuran Dosis Radiasi

Untuk setiap kombinasi parameter, dilakukan tiga kali akuisisi CT Scan pada fantom.

Dosis radiasi diukur sebagai:

Indeks Dosis CT Volumetrik (CTDIvol): Diperoleh langsung dari tampilan konsol CT setelah setiap scan, atau dihitung dari pengukuran ion chamber. CTDIvol merepresentasikan dosis rata-rata dalam volume yang dipindai.

Dosis Panjang Produk (DLP): Dihitung dengan mengalikan CTDIvol dengan panjang scan ([misal: 15 cm untuk kepala]). DLP merepresentasikan total energi radiasi yang diserap oleh pasien selama pemeriksaan.

Analisis Statistik

Data dosis radiasi yang dikumpulkan dianalisis menggunakan perangkat lunak statistik [misal: SAS]. Uji ANOVA dua arah (Two-way ANOVA) digunakan untuk menilai efek independen dan interaksi dari kVp, mAs, dan pitch pada CTDIvol dan DLP. Post-hoc test (misal: Tukey HSD) digunakan untuk perbandingan antar kelompok yang signifikan.

Hasil dan Diskusi

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa semua parameter eksposi yang divariasikan memiliki dampak signifikan terhadap dosis radiasi yang diterima fantom.

Berikut adalah contoh tabel data:

| Protokol | kVp | mAs | Pitch | CTDIvol (mGy) | DLP (mGy·cm) |

|---|---|---|---|---|---|

| P1 | 120 | 250 | 1.0 | 68.2 | 1023 |

| P2 | 120 | 200 | 1.0 | 54.6 | 819 |

| P3 | 120 | 150 | 1.0 | 41.0 | 615 |

| P4 | 100 | 250 | 1.0 | 48.9 | 733.5 |

| P5 | 80 | 250 | 1.0 | 34.5 | 517.5 |

| P6 | 120 | 250 | 0.9 | 75.8 | 1137 |

| P7 | 120 | 250 | 1.1 | 62.0 | 930 |



Pengaruh Tube Voltage (kVp): Penurunan kVp secara drastis mengurangi dosis radiasi. Dari 120 kVp ke 80 kVp (dengan mAs dan pitch konstan, Protokol P1 vs P5), CTDIvol berkurang sekitar [misal: 49.4%]. Ini disebabkan oleh efisiensi produksi sinar-X yang lebih rendah dan atenuasi yang lebih besar pada energi rendah.

Pengaruh mAs: Penurunan mAs menghasilkan penurunan dosis yang hampir linear. Dari 250 mAs ke 150 mAs (dengan kVp dan pitch konstan, Protokol P1 vs P3), CTDIvol berkurang sekitar [misal: 39.9%].

Pengaruh Pitch Factor: Peningkatan pitch factor (jarak pergerakan meja per rotasi tabung dibagi dengan lebar kolimasi total) mengurangi dosis radiasi karena tumpang tindih iradiasi yang lebih sedikit. Dari pitch 0.9 ke 1.1 (dengan kVp dan mAs konstan, Protokol P6 vs P7), CTDIvol berkurang sekitar [misal: 18.2%].

Analisis statistik (ANOVA) mengkonfirmasi bahwa efek dari kVp, mAs, dan pitch pada CTDIvol dan DLP sangat signifikan secara statistik ($p < 0.001$).

Grafik batang menunjukkan dosis radiasi untuk setiap protokol, menyoroti tren penurunan dengan optimasi parameter.

Kesimpulan

Studi komparatif ini secara meyakinkan menunjukkan bahwa parameter eksposi CT (kVp, mAs, dan pitch factor) memiliki dampak yang sangat signifikan terhadap dosis radiasi yang diterima selama pemeriksaan CT Scan kepala. Penurunan Tube Voltage (kVp) dan Tube Current-Time Product (mAs), serta peningkatan Pitch Factor, terbukti secara konsisten dan signifikan mengurangi CTDIvol dan DLP. Temuan ini menggarisbawahi pentingnya optimasi protokol CT Scan kepala sebagai strategi krusial untuk meminimalkan paparan radiasi pasien.

Meskipun pengurangan dosis adalah tujuan utama, penting untuk selalu mempertimbangkan kualitas citra diagnostik yang diperlukan. Oleh karena itu, radiolog dan radiografer harus secara cermat meninjau dan menyesuaikan parameter eksposi untuk setiap pasien berdasarkan indikasi klinis, ukuran pasien, dan tujuan diagnostik spesifik, sejalan dengan prinsip ALARA. Integrasi sistem Automatic Exposure Control (AEC) dan protokol dosis rendah yang telah divalidasi juga menjadi kunci untuk implementasi strategi optimasi dosis secara rutin. Penelitian ini memberikan data empiris yang mendukung upaya berkelanjutan untuk mencapai keseimbangan optimal antara manfaat diagnostik dan risiko radiasi dalam praktik klinis CT Scan kepala.