



OPTIMISASI PARAMETER SCAN PADA CT SCAN KEPALA NONKONTRAS DI INSTALASI RADIOLOGI RSUD PROF DR MARGONO SOEKARJO

Fadilah Nur Rahmah, Dita Kusumaningrum, Hening Fitri Dewi, Lintang Purnama SP
Rumah Sakit Umum Daerah Prof. Dr. Margono Soekarjo, Purwokerto

e-mail: fadilahrahmah.nur@gmail.com

ABSTRAK

Faktor eksposi yang sangat mempengaruhi dosis radiasi dan kualitas citra pada pemeriksaan CT Scan diantaranya tegangan (kV), kuat arus (mA) dan waktu pemindaian citra (s). Tegangan tabung sinar-X berkontribusi terhadap daya tembus/kualitas sinar-X yang melewati tubuh pasien. Optimisasi parameter scanning dapat dilakukan dengan memvariasikan nilai tegangan tabung, untuk menurunkan dosis radiasi pada pasien tanpa mengurangi kualitas citra yang dihasilkan. Pemeriksaan CT Scan Kepala nonkontras merupakan salah satu pemeriksaan yang sering dilakukan di RSUD Prof. Dr. Margono Soekarjo. Metode penelitian dimulai dengan melakukan scan *water phantom* menggunakan parameter CT Kepala NonKontras yang sudah di setting pada pesawat CT Scan Siemens. Kemudian melakukan perubahan parameter untuk topogram dan scanning dengan variasi tegangan 80 kV, 100 kV, dan 120 kV. Kemudian di analisis kualitas citra berupa noise dan histogram yang dihasilkan antara parameter yang sudah ada pada console dan hasil optimisasi yang dilakukan menggunakan software IndoQCT. Berdasarkan data penelitian menggunakan parameter kV yang sudah di atur pada pesawat CT Scan Siemens dan parameter kV yang dilakukan optimisasi, diperoleh besar nilai dosis radiasi CTDIVol, yaitu CTDIVol dan DLP mengalami penurunan yaitu CTDIVol sebesar 6,42%, dan DLP sebesar 8,28%. Kualitas citra yang dihasilkan pada CT Scan kepala dengan menggunakan parameter kV yang sudah disetting pada pesawat CT Scan Siemens dan penggunaan parameter yang sudah optimisasi, mengalami kenaikan noise sebesar 2,79%, tetapi hal ini tidak mempengaruhi bacaan dokter dan didukung dengan analisis SPSS tidak ada beda kualitas citra yang dihasilkan antara sebelum dan sesudah optimisasi menurut dokter radiologi. Penggunaan parameter kV yang dilakukan optimisasi terbukti dapat mereduksi dosis radiasi yang diterima pasien, dan kualitas citra yang dihasilkan baik, meskipun mengalami peningkatan *noise*, tetapi citra masih dapat diterima oleh Radiolog.

Kata kunci: CT Scan, optimisasi, kualitas citra, CTDIVol, DLP.

ABSTRACT

Exposure factors that significantly affect radiation dose and image quality in CT examinations include voltage (kV), current (mA), and image scanning time (s). The X-ray tube voltage contributes to the penetration power/quality of X-rays that pass through the patient's body. Optimization of scanning parameters can be achieved by varying the tube voltage to reduce the patient's radiation dose without compromising image quality. A non-contrast Head CT Scan is one of the examinations frequently performed at Prof. Dr. Margono Soekarjo Regional Hospital. The research method begins with a water phantom scan using the Non-Contrast Head CT parameters on the Siemens CT Scanner. Then, changing the topogram parameters and scanning at 80 kV, 100 kV, and 120 kV. Then, the image quality analysis, in terms of noise and histograms, was performed for the existing console parameters and for the optimization results obtained using the IndoQCT software. Based on research data using the kV parameters set on the Siemens CT scanner and the optimized kV parameters, the radiation dose values for CTDIVol and DLP decreased by 6.42%, and DLP by 8.28%. The image quality of the head CT scan using the kV parameters set on the Siemens CT scanner and the optimized parameters increased by 2.79%. However, this did not affect the doctor's reading, and the SPSS analysis showed no difference in image quality between before and after optimization, as assessed by the radiologist. Optimized kV parameters have been shown to reduce patient

radiation dose while maintaining good image quality. Despite the increase in noise, the image is still acceptable to the radiologist.

Keywords: CT scan, optimization, image quality, CTDIVol, DLP.

I. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan teknologi, penggunaan alat-alat medis di dunia kedokteran sangat berperan penting untuk keperluan pencitraan dalam radiodiagnostik. Beberapa pemeriksaan yang menggunakan alat-alat medis memanfaatkan sumber radiasi, salah satunya *Computed Tomography Scanner* (CT Scan), yang merupakan salah satu alat yang digunakan untuk mendiagnosa suatu penyakit pada bagian dalam tubuh manusia dengan memanfaatkan radiasi sinar-X, tanpa melakukan pembedahan [1].

Pada saat melakukan scanning, tabung sinar-X yang terdapat pada pesawat CT Scan berputar di sekitar pasien dan menghasilkan irisan tipis dari segala arah yang menyebabkan distribusi dosis radiasi sangat besar. Dosis radiasi yang diberikan kepada pasien dapat diketahui melalui data *Computed Tomography Dose Index Volume* (CTDIVol) dan *Dose Length Product* (DLP) yang ditampilkan pada monitor CT Scan pada saat melakukan pemeriksaan [2].

Faktor eksposi yang sangat mempengaruhi dosis radiasi dan kualitas citra pada pemeriksaan CT Scan diantaranya tegangan (kV), kuat arus (mA) dan waktu pemindaian citra (s). Tegangan tabung sinar-X berkontribusi terhadap daya tembus/kualitas sinar-X yang melewati tubuh pasien dan kuat arus berkontribusi terhadap intensitas/kuantitas radiasi yang diterima pasien [3]. Upaya optimisasi diantaranya adalah dengan memberikan dosis radiasi kepada pasien serendah yang dapat dicapai dengan mempertimbangkan faktor sosial dan ekonomi yang sering disebut sebagai ALARA (*As Low as Reasonably Achievable*) [4].

Di Instalasi Radiologi RSUD Margono Soekarjo, parameter scan pada pemeriksaan CT Scan kepala dibagi menjadi 2 bagian, yaitu parameter untuk membuat topogram dan parameter scanning kepala. Pada *console* terlihat bahwa parameter topogram kepala sama dengan parameter scanning kepala, khususnya pada penggunaan nilai tegangan. Hal ini menjadi penting untuk di evaluasi apakah variasi tegangan yang diberikan akan menghasilkan dosis dan kualitas citra yang berbeda.

Oleh karena itu, variasi tegangan perlu dievaluasi sebagai upaya optimisasi proteksi

radiasi bagi pasien. Penelitian ini dilakukan pada pemeriksaan CT Scan Kepala Nonkontras di RSUD Prof Dr Margono Soekarjo. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi kebijakan berupa informasi tentang pentingnya penerapan program keselamatan pasien dari risiko radiasi pengion sehingga dapat digunakan untuk memantau dan mengevaluasi kebijakan pengawas pemanfaatan radiasi pengion dalam bidang medik khususnya pemeriksaan CT Scan Kepala Nonkontras.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 33 Tahun 2007 tentang keselamatan radiasi pengion dan keamanan sumber radioaktif menyatakan bahwa wajib memenuhi persyaratan keselamatan radiasi. Salah satu persyaratan keselamatan radiasi yaitu proteksi radiasi. Dalam menjamin pelaksanaan seluruh aspek proteksi radiasi pasien yang harus dipenuhi yaitu justifikasi pemanfaatan tenaga nuklir, limitasi dosis dan optimisasi proteksi dan keselamatan radiasi terhadap paparan medik [5].

Pada paparan medik untuk tujuan diagnostik, prinsip optimasi berpegang pada upaya mempertahankan dosis radiasi pasien serendah mungkin dengan tetap menghasilkan mutu citra yang memadai untuk mendiagnosis suatu penyakit. Upaya ini dapat dilakukan melalui pemantauan dosis pasien. Pemantauan dosis pasien akan dapat terlaksana efektif apabila rumah sakit secara rutin mencatat pemberian dosis kepada pasien. Penerapan prinsip optimisasi memiliki beberapa aspek yang harus dipertimbangkan salah satunya, yaitu tingkat panduan diagnostik (TPD) [6].

Optimisasi adalah prinsip dasar dalam proteksi radiasi selain justifikasi dan limitasi. Dalam pencitraan medis, optimisasi berarti kompromi antara dosis radiasi pasien dan kualitas citra [7]. Dosis radiasi pasien disarankan serendah mungkin yang dapat dicapai untuk mencapai citra berkualitas diagnostik. Salah satu penerapan asas optimisasi pada proteksi radiasi adalah tingkat panduan diagnostik sebagai alat bantu dalam proses optimisasi. Salah satu strategi optimisasi pada tindakan radiologi diagnostik, yaitu pemilihan faktor eksposi. Dosis dan kualitas citra sangat dipengaruhi oleh faktor eksposi

karena berkaitan dengan kuantitas dan kualitas radiasi yang dihasilkan [8].

Tingkat panduan diagnostik untuk paparan medik sangat direkomendasikan untuk digunakan sebagai panduan para praktisi medik dalam melakukan optimisasi proteksi pada setiap jenis pemeriksaan CT Scan dan digunakan untuk mencegah paparan radiasi yang tidak diperlukan pada pasien [5].

Keputusan Kepala Badan Pengawas tenaga Nuklir Nomor 1211/K/V/2021 tentang penetapan Nilai Tingkat Panduan Diagnostik Indonesia untuk modalitas CT Scan dan Radiografi Umum dan juga mengacu pada Perbaten Nomor 4 Tahun 2020 tentang Keselamatan Radiasi pada Penggunaan Pesawat Sinar-X dalam Radiologi Diagnostik dan Intervensional bahwa pemegang izin (PI) wajib menerapkan tingkat panduan diagnostik yang dilaksanakan sesuai pedoman nasional yang ditetapkan oleh Bapeten. Untuk pemeriksaan CT-Scan kepala tanpa kontras yaitu CDTIvol 60 mGy, dan DLP 1275 mGy.cm [6].

Parameter lain yang menentukan kualitas citra pada CT scan adalah resolusi spasial. Resolusi spasial adalah ukuran citra dalam membedakan dua objek yang berdekatan. Akurasi dan visualisasi struktur yang tipis dan kecil pada jaringan yang diperiksa bergantung pada resolusi spasial. Secara praktis, resolusi spasial ditentukan berdasarkan kemampuannya untuk membedakan objek *line pair* pada fantom. Tetapi cara ini sangat subyektif sedangkan cara yang lebih objektif adalah dengan mengkarakterisasi resolusi spasial menggunakan *Modulation Transfer Function* (MTF). Ada beberapa metode dalam menentukan MTF yaitu: menggunakan *Point Spread Function* (PSF), *Line Spread Function* (LSF), *Edge Spread Function* (ESF) ataupun secara langsung dari *image bar pattern* [9].

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai keseragaman noise dari 30 data sampel terdapat 21 data sampel memenuhi batas toleransi yaitu ≤ 2 HU. Hasil ini memenuhi standar perka BAPETEN No. 2 Tahun 2018 tentang uji kesesuaian pesawat sinar-X radiologi diagnostik dan intervensional. Perbandingan sensitivitas dalam mendeteksi homogenitas ROI pada pengukuran kualitas citra pesawat CT-Scan menunjukkan bahwa metode ROI pada penelitian ini mampu menghasilkan sensitivitas yang lebih baik dalam mendeteksi homogenitasnya [10].

Sehingga protokol yang menggunakan faktor optimisasi terbukti dapat mereduksi dosis

radiasi sekitar 41,6 - 45,4% dan tetap menjaga kualitas citranya dibandingkan dengan protokol standar GE yang lebih fokus hanya untuk meningkatkan kualitas citra daripada mengoptimisasi dosis radiasi yang diterima pasien[2].

Tahap pertama menggunakan variasi tegangan 80, 100 dan 120 kVp diperoleh NPS terendah 19,47 HU²mm² dengan tegangan 120 kVp dan tahap kedua menggunakan variasi kuat arus, yaitu 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400 dan 450 mAs diperoleh kuat arus 350 mAs dipilih oleh dua Dokter Spesialis Radiologi sehingga diperoleh kombinasi faktor eksposi optimal yaitu tegangan 120 kVp dan kuat arus 350 mAs dengan CTDIvol 55,27 mGy dan DLP 1248 mGy.cm² [8].

III. METODE

a. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Kamar Periksa 5 Instalasi Radiologi RSUD Prof. Dr. Margono Soekarjo Purwokerto. Pengambilan data dan analisis dilakukan pada bulan April sampai dengan Juli 2025.

b. Alat dan Bahan

Peralatan yang diperlukan dalam penelitian ini yaitu Pesawat CT Scan Merk Siemens untuk pengambilan citra, water phantom sebagai objek yang akan diambil citranya, laptop dan beberapa perangkat lunak untuk pengolahan data. Perangkat lunak pengolahan data yang digunakan antara lain: Microsoft Excel, aplikasi IndoQCT. Bahan dari penelitian ini yaitu data pasien dan juga hasil water phantom.

c. Pelaksanaan Kegiatan

1) Tahap Persiapan

Pada tahap persiapan, dilakukan identifikasi masalah dan tujuan penelitian. Langkah selanjutnya adalah studi literatur dan pengumpulan referensi yang terkait dengan penelitian. Dari hasil studi literatur dilakukan desain penelitian serta instrumen apa saja yang diperlukan. Selanjutnya dilakukan penyusunan proposal penelitian.

2) Tahap Penentuan DRL Lokal sebelum optimisasi

Penentuan DRL lokal sebelum optimisasi dimulai dengan mengumpulkan data audit dosis radiasi pada pemeriksaan CT Scan Kepala Nonkontras yang sering digunakan oleh radiografer. Kategori pasien adalah pasien dewasa dengan usia diatas 15 tahun sebanyak 30 pasien. Data

yang dicatat meliputi: nama pasien, usia, berat badan, tinggi badan, jenis kelamin, nilai CTDIvol dan DLP. Selanjutnya data yang diperoleh akan diolah untuk mendapatkan kuartil ke-dua (Q2). Nilai DRL lokal sebelum optimisasi akan dibandingkan dengan nilai DRL lokal setelah didapatkan luas kolimasi yang optimal.

3) Tahap Penentuan Tegangan

Penentuan tegangan yang optimal dilakukan menggunakan media water phantom. Pengambilan citra menggunakan pesawat merk Siemens di Instalasi Radiologi RSUD Prof. Dr.Margono Soekarjo. Pengambilan data topogram tegangan Sn140 dan Sn100. Untuk tegangan pada saat *scanning* 120kVp, 100kVp, 80kVp. Evaluasi dilakukan menggunakan perangkat lunak IndoQCT dengan menganalisis nilai noise.

4) Tahap Penentuan DRL local setelah optimisasi.

Setelah mendapatkan luas kolimasi yang optimal, dilakukan pengumpulan data pasien. Selanjutnya data yang diperoleh akan diolah hingga didapatkan nilai DRL lokal

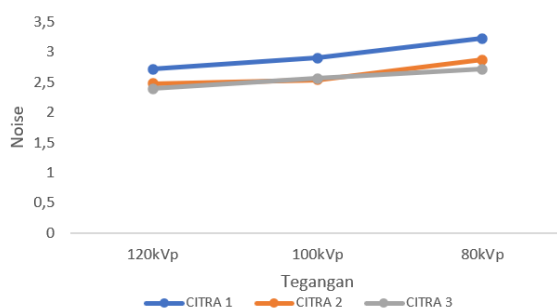
5) Tahap Penyusunan Laporan

Tahap penyusunan laporan meliputi penyusunan draft laporan penelitian, revisi laporan berdasarkan masukan, dan penulisan karya tulis ilmiah.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Analisis Citra Phantom

Evaluasi citra noise dari water phantom menggunakan perangkat lunak IndoQCT.



Gambar 1, Hubungan antara tegangan dan noise

Berdasarkan Gambar 1, dapat diketahui bahwa nilai noise semakin naik seiring dengan penurunan nilai tegangan. Pada kondisi tegangan 120kVp ke 100kVp ada kenaikan noise sebesar 5,06%, dari tegangan 120kVp ke 80kVp kenaikan noise 13,84%. Tegangan

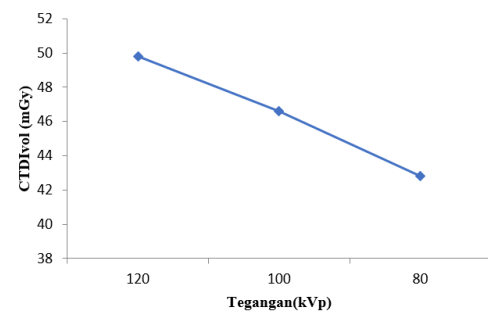
120kVp ke 100 kVp ada kenaikan namun tidak signifikan. Sehingga ini menjadi dasar untuk perubahan parameter optimisasi.

b. Analisis nilai CTDIvol dan DLP

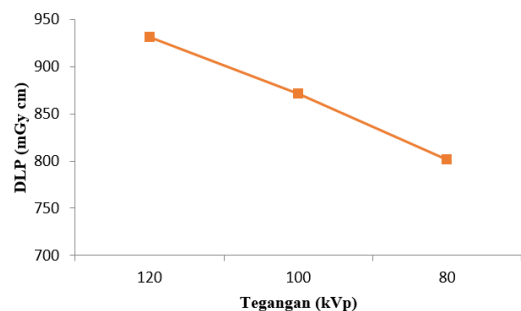
Data hasil audit dapat dilihat pada Tabel 2 dan informasi hubungan antara nilai CTDI dan DLP dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3.

Tabel 2. Data Hasil audit dan analisis sebelum dan sesudah optimisasi pemeriksaan CT Scan Kepala Nonkontras

kV	Mean	Stdev	Median	Minimum	Maximum
BMI					
Sebelum	25,78	9,97	24,00	17,92	73,46
Sesudah	23,70	2,36	23,46	20,00	27,91
DLP(mGycm)					
Sebelum	909,2	50,04	899	842	1023
Sesudah	823,9	42,07	824,5	748	927
CTDIvol (mGy)					
Sebelum	49,8	0	49,8	49,8	49,8
Sesudah	46,6	0	46,6	46,6	46,6
Evaluasi Kualitas Citra (Noise)					
Sebelum	8,24	1,27	8,2	0,30	10,49
Sesudah	8,47	1,10	8,16	6,00	9,85



Gambar 2. Hubungan nilai CTDI dengan kV



Gambar 3. Hubungan nilai DLP dengan kV

Berdasarkan Gambar 2 dan Gambar 3, grafik CTDIvol dan DLP terhadap tegangan tabung, nilai CTDIvol dan DLP akan menurun seiring dengan penggunaan tegangan yang lebih kecil. Penggunaan tegangan mempengaruhi nilai CTDIvol dan DLP yang diperoleh.

c. Analisis Hasil Data Pasien

Setelah melakukan pengumpulan data sebelum dan sesudah optimisasi dengan variasi tegangan yang digunakan. Data diolah dan disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Hasil analisis data optimisasi

Parameter	Protokol Sebelum	Protokol Sesudah
Tegangan Topogram (kVp)	Sn 140	Sn100
Tegangan Scan(kVp)	120	100
Pitch	0,55	0,55
Rotation Time (s)	1,00	1,00
Scan Time (s)	7	7

Dari Tabel 3 di atas, variasi parameter scanning yang dilakukan yaitu mengubah tegangan rutin untuk topogram yaitu Sn140 menjadi Sn100, nilai tegangan 120kVp menjadi 100kVp, parameter lainnya sama seperti parameter rutin scanning kepala nonkontras.

d. Data hasil audit pemeriksaan

Dari Tabel 2 pada nilai evaluasi kualitas citra menggunakan analisis noise menggunakan perangkat lunak indoQCT. Terjadi kenaikan nilai noise pada citra sesudah optimisasi. Kenaikan noise sebesar 2,79%. % tetapi tidak mempengaruhi dokter saat menganalisis citra. Hal ini dibuktikan dengan analisis kuesioner yang telah diisi oleh dokter radiologi.

e. Analisis Kuesioner

Setelah mendapatkan sample citra pasien, dilakukan pengisian kuesioner oleh dokter radiologi untuk menilai kejelasan anatomi dan noise pada citra sebelum dan sesudah optimisasi. Analisis menggunakan SPSS dengan metode Mann Whitney menunjukkan hasil bahwa tidak ada beda kualitas citra yang dihasilkan antara sebelum dan sesudah optimisasi menurut dokter radiologi.

f. Implementasi DRL Lokal

Dari 30 pasien dengan luas kolimasi sebelum dan sesudah optimisasi yang telah dicatat kemudian dicari nilai kuartil dua (Q2) untuk melihat pengaruh penggunaan luas kolimasi terhadap implementasi DRL lokal rumah sakit.

Pada Tabel 4 dan 5, DRL lokal yang didapat untuk nilai CTDIvol mengalami penurunan 81,82% untuk topogram, 6,42% untuk scanning. DLP yang didapat juga mengalami penurunan 82,98% untuk topogram, 8,28% untuk scanning. Pada perubahan parameter tegangan untuk topogram sangat

terlihat signifikan penurunan untuk nilai CTDIvol dan DLP.

Tabel 4. Implementasi CTDIvol(mGy) DRL lokal sebelum dan sesudah optimisasi

DRL (Q2)	CTDIvol (mGy)		Penurunan (%)
	Sebelum	Sesudah	
Topogram	0,11	0,02	81,82
Scanning	49,8	46,6	6,42

Tabel 5. Implementasi DLP(mGy.cm) DRL lokal sebelum dan sesudah optimisasi

DRL (Q2)	DLP (mGy.cm)		Penurunan (%)
	Sebelum	Sesudah	
Topogram	2,85	0,48	82,98
Scanning	899	824,5	8,28

Tabel 6. Nilai CTDIvol (mGy) DRL dibandingkan dengan DRL Indonesia

DRL (Q2)	CTDIvol (mGy)		IDRL CTDIvol
	Sebelum	Sesudah	
Topogram	0,11	0,02	-
Scanning	49,8	46,6	60

Tabel 7. Nilai DLP (mGy.cm) DRL dibandingkan dengan DRL Indonesia

DRL (Q2)	DLP (mGy.cm)		IDRL DLP
	Sebelum	Sesudah	
Topogram	2,86	0,56	-
Scanning	935,5	843	1275

Pada Tabel 6 dan 7, DRL lokal yang didapat untuk nilai CTDIvol sebelum optimisasi adalah 49,8 mGy sesudah optimisasi adalah 46,6 mGy sedangkan IDRL CTDIvol adalah 60 mGy, artinya CTDIvol sebelum dan sesudah optimisasi masih dibawah batas BAPETEN. DLP yang didapat juga mengalami dibawah batas ketentuan BAPETEN yaitu DLP sebelum optimisasi 935,5 mGy.cm dan sesudah optimisasi 843 mGy.cm, sedangkan IDRL DLP yaitu 1275 mGy.cm. CTDIvol dan DLP yang didapatkan sesudah optimisasi lebih rendah dibandingkan sebelum optimisasi, hal ini menjelaskan dosis yang diterima pasien lebih sedikit dibandingkan sebelum optimisasi.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan data yang didapat dan dilakukan analisis, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Penggunaan variasi tegangan sebelum (120 kV) dan sesudah (100kV), diperoleh nilai DRL lokal yang didapat untuk nilai CTDIvol mengalami penurunan 81,82% untuk topogram, 6,42% untuk scanning. DLP yang didapat juga mengalami

penurunan 82,98% untuk topogram, 8,28% untuk scanning. Pada perubahan parameter tegangan untuk topogram sangat terlihat signifikan penurunan untuk nilai CTDIvol dan DLP. Jika dibandingkan dengan DRL Indonesia, nilai kuartil tiga (Q3) yang diperoleh masih dibawah nilai IDRL.

2. Nilai evaluasi kualitas citra menggunakan analisis noise menggunakan perangkat lunak indoQCT. Terjadi kenaikan rata nilai noise pada citra sesudah optimisasi. Kenaikan noise sebesar 2,79%. Dimana kenaikan tidak mempengaruhi bacaan dokter, walaupun belum diambil data mengenai pendapat dokter radiologi mengenai perubahan parameter namun tidak ada keluhan dari dokter radiologi saat membaca citra.
3. Pengaturan parameter Scanning yang dapat digunakan untuk optimisasi dengan tetap memperhatikan kualitas citra yang baik yaitu menggunakan tegangan 100 kVp

VI. REKOMENDASI KEBIJAKAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa rekomendasi kebijakan antara lain:

1. SPO CT Scan Kepala Nonkontras

Pembuatan SPO pemeriksaan CT Scan Kepala Nonkontras menggunakan tegangan 100kVp.

2. Adopsi DRL Lokal

Lembaga kesehatan dapat mengadopsi DRL lokal mode manual dalam pemeriksaan CT Scan Kepala Nonkontras sebagai implementasi DRL lokal.

3. Pelatihan dan Edukasi

Penyedia layanan kesehatan perlu diberikan pelatihan yang memadai mengenai pentingnya DRL dan bagaimana mengimplementasikannya dalam praktik sehari-hari.

4. Pemantauan dan Evaluasi Berkala

Harus ada sistem pemantauan yang kontinu untuk mengevaluasi efektivitas DRL lokal dalam mengurangi dosis radiasi tanpa mengurangi kualitas citra diagnostic khususnya dalam pemeriksaan CT Scan Kepala Nonkontras.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan adanya penelitian ini, kami mengucapkan terimakasih kepada segenap pihak yang membantu dan berkontribusi sehingga penelitian ini berjalan dengan baik. Terima kasih kepada RSUD Prof. Dr. Margono

yang telah memberikan fasilitas sehingga penelitian ini dapat dilakukan. Terima kasih kepada dokter spesialis radiologi selaku responden penelitian. Terima kasih kepada seluruh rekan-rekan dan pihak-pihak terkait sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. M. Kesehata, "Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2020 tentang Pelayanan Radiologi Klinik," *Peratur. Menteri Kesehat. Republik Indones.*, no. 3, pp. 1–47, 2020.
- [2] Bapeten, "Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 45 Tahun 2023 tentang Keselamatan Radiasi Pengion dan Keamanan Zat Radioaktif," *Peratur. Pemerintah Republik Indones. Nomor 45 Tahun 2023 tentang Keselam. Radiasi Pengion dan Keamanan Zat Radioakt.*, no. 177034, 2023.
- [3] K. L. Bontrager and J. P. Lampignano, *Bontrager's Handbook of Radiographic Positioning and Techniques*. 2014.
- [4] L. G. Zetterberg and A. Espeland, "Lumbar spine radiography - Poor collimation practices after implementation of digital technology," *Br. J. Radiol.*, vol. 84, no. 1002, pp. 566–569, 2011, doi: 10.1259/bjr/74571469.
- [5] D. A. Puspitaningtyas, S. Nugraeni, and Y. P. Hastuti, "Lumbasacral Examination With Low Back Pain Case in Radiology Facility of Pandan Arang Regional Hospital," *Med. Imaging Radiat. Prot. Reseach J.*, vol. 2, no. 1, pp. 12–15, 2022, doi: 10.54973/mirror.v2i1.209.
- [6] F. Andini, "Risk Factors of Low Back Pain in workes," *Work. J Major.*, vol. 4, no. 1, p. 12, 2015.
- [7] I. Hariyati, M. Fauzan, and L. E. Lubis, "Optimisasi dengan Audit Dosis Radiasi pada Pemeriksaan Thorak Proyeksi AP Pasien Dewasa," *J. Pengawas. Tenaga Nukl.*, vol. 2, no. 2, pp. 22–26, 2022, doi: 10.53862/jupeten.v2i2.004.
- [8] C. Artitin, V. D. Rahma, and C. Nisa, "PERBANDINGAN KONTRAS FILM RADIOGRAF PADA LUAS," vol. 5, no. September, pp. 5937–5941, 2024.
- [9] S. A. Ningrum, "Efek Perubahan Dosis Radiasi Dan Kualitas Gambar Pada

- Hasil Radiograph Dengan Luas Kolimasi Berbeda,” *J. Imejing Diagnostik*, vol. 6, no. 2, pp. 103–106, 2020, doi: 10.31983/jimed.v6i2.5772.
- [10] A. Pazanin, D. Skrk, J. C. O’Driscoll, M. F. McEntee, and N. Mekis, “Optimal collimation significantly improves lumbar spine radiography,” *Radiat. Prot. Dosimetry*, vol. 189, no. 4, pp. 420–427, 2021, doi: 10.1093/RPD/NCAA057.
- [11] D. Nocetti *et al.*, “Heliyon Radiation dose reduction and image quality evaluation for lateral lumbar spine projection,” *Heliyon*, vol. 9, no. 9, p. e19509, 2023, doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e19509.
- [12] M. . Boddy, “Pengaruh Radiasi Hambur Terhadap Kontras Radiografi Akibat Variasi Ketebalan Obyek Dan Luas Lapangan Penyinaran,” pp. 1–10, 2013.
- [13] A. D. Prastanti, B. Abimanyu, A. N. Kurniawan, and S. N. Baiti, “Optomasi citra CR dan limitasi dosis radiasi dengan pengaturan kolimasi pada radiografi cervical,” *J. Imejing Diagnostik*, vol. 6, p. 103, 2020, [Online]. Available: <http://ejournal.poltekkes-smg.ac.id/ojs/index.php/jimed/index>
- [14] BAPETEN, “Penetapan Nilai Tingkat Panduan Diagnostik Indonesia (Indonesian Diagnostic Reference Level) Untuk Modalitas Sinar-X Ct Scan Dan Radiografi Umum,” *Angew. Chemie Int. Ed.* 6(11), 951–952., pp. 2013–2015, 2021.
- [15] V. Syahmitalia, Z. Arifin, and R. Rusmanto, “Analisis Nilai Diagnostic Reference Level (DRL) Dewasa Pemeriksaan Lumbal Spine Anterior-Posterior (AP) dan Lateral (LAT) Modalitas Radiografi Umum di Indonesia Berdasarkan Database Dosis Pasien Si-INTAN,” *J. Pengawas. Tenaga Nukl.*, vol. 1, no. 1, pp. 47–51, 2021, doi: 10.53862/jupeten.v1i1.010.