

# Optimisasi dosis dan kualitas citra pada radiologi diagnostik: langkah-langkah, tips, dan panduan praktis

Lukmanda Evan Lubis dan Djarwani Soeharso Soejoko

*Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia, Kampus UI Depok, 16424, Jawa Barat, Indonesia*

E-mail: lukmanda.evan@sci.ui.ac.id

Naskah Masuk	18 Desember 2018
Naskah Revisi	11 September 2019
Naskah Diterima	30 April 2020
Naskah Terbit	02 June 2020

---

**Abstrak:** Potensi risiko radiasi pada pasien radiologi diagnostik menjadi isu yang menjadi perhatian khusus dalam konteks proteksi radiasi. Sebagai salah satu dari tiga prinsip proteksi radiasi, optimisasi menjadi upaya yang dikedepankan dalam menjamin keselamatan pasien. Deskripsi teknis mengenai panduan dan langkah-langkah optimisasi sejauh ini tidak tersedia dalam panduan nasional. Makalah ini menyajikan panduan praktis berdasarkan pengalaman dalam pelaksanaan optimisasi di fasilitas pelayanan kesehatan, dimana metode dan alur pelaksanaan menjadi fokus pembahasan. Hasil pelaksanaan optimisasi dan tips dalam setiap langkahnya juga diberikan sebagai contoh sederhana yang dapat memudahkan tenaga kesehatan dalam upaya pelaksanaan optimisasi di lingkungan kerjanya.

---

**Kata kunci:** *dosis radiasi, kualitas citra, optimisasi, radiologi*

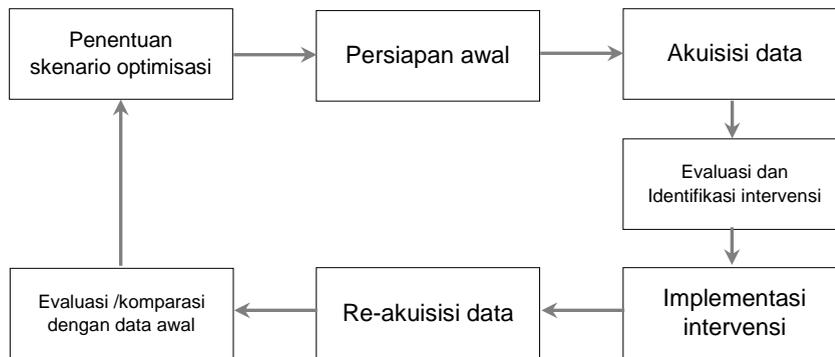
## 1. Pendahuluan

Optimisasi dalam pencitraan medis yang menggunakan radiasi pengion (sinar-X) merupakan prinsip yang sangat mendasar dalam proteksi radiasi. Dalam dokumen IAEA (*International Atomic Energy Agency*) *Basic Safety Series*<sup>1</sup> dan dokumen pernyataan sikap bersama IAEA-WHO (*World Health Organization*) yakni *Bonn Call-for-Action*, optimisasi menjadi salah satu tindakan utama yang ditekankan dalam praktik radiologi diagnostik maupun intervensional. Selain memenuhi prinsip proteksi radiasi, motivasi utama dari optimisasi adalah peningkatan mutu pelayanan terhadap pasien, memberikan kontribusi dalam tersedianya DRL (*diagnostic reference level*), dan upaya memenuhi regulasi.

Pada skala nasional, prinsip optimisasi yang direkomendasikan oleh IAEA dan WHO telah diregulasikan oleh BAPETEN (Badan Pengawas Tenaga Nuklir) dalam Peraturan Kepala BAPETEN No. 8 tahun 2011.<sup>2</sup> Namun, regulasi ini bersifat luas dan memiliki konteks proteksi radiasi secara umum yang tidak mengatur mengenai proses dan teknis pelaksanaan optimisasi. Metodologi pelaksanaan optimisasi sendiri telah dipublikasikan oleh IAEA<sup>3,4</sup> dan tidak menjadi fokus dalam makalah ini. Makalah ini disusun berdasarkan hasil pembelajaran (*lessons learned*) dari kegiatan penelitian bersama (IAEA *coordinated research project*, CRP) selama 2015-2018 yang bertujuan mengevaluasi kemampooterapan metodologi optimisasi radiologi diagnostik untuk pasien pediatrik. Adapun tujuan penulisan makalah ini adalah untuk memberikan paparan mengenai tahapan, panduan praktis, dan potensi kendala pada proses optimisasi yang telah dijalankan dengan mengikuti metodologi baku serta tips untuk mengatasinya. Contoh hasil pelaksanaan optimisasi juga disajikan pada bagian akhir makalah sebagai ilustrasi sederhana.

## 2. Proses optimisasi

Istilah optimisasi pada radiologi diagnostik dan intervensional telah banyak digunakan dalam regulasi, diskusi, dan tulisan ilmiah di Indonesia, namun penerapan secara riil di lapangan masih belum tergolong lazim. Definisi dan



**Gambar 1.** Siklus dan tahapan dalam pelaksanaan optimisasi di radiologi diagnostik.

tahapan dalam optimisasi pun kerap mengalami distorsi dan penyederhanaan yang menghalangi pelaksanaan secara jamak. Mengingat dosis dan kualitas citra pasien merupakan hal yang menyangkut banyak faktor, perlu dipahami secara umum bahwa proses ini adalah kepentingan pasien yang pelaksanaannya memerlukan kesepahaman dan komitmen antar profesi dalam bentuk kerja tim (dokter spesialis radiologi, fisikawan medik, dan radiografer). Dalam deskripsi lebih lengkap pada bagian selanjutnya, peranan komunikasi dan komitmen antara pelaku ketiga profesi ini akan sangat menonjol dan mempengaruhi keberhasilan optimisasi dengan porsi yang berimbang.

Proses optimisasi pada dasarnya terdiri dari beberapa kegiatan yang dilaksanakan secara berurutan dan berkesinambungan, seperti terlihat pada Gambar 1. Artinya, proses optimisasi memerlukan kontinuitas dan merupakan siklus tertutup. Proses dimulai dengan (1) pemilihan skenario/modalitas/kasus yang akan dioptimisasi; (2) tahap persiapan awal; (3) akuisisi data dosis dan kualitas citra acuan; (4) identifikasi tindakan perubahan melalui intervensi; (5) implementasi hasil intervensi; (6) pengulangan akuisisi data dosis dan kualitas citra; dan (7) evaluasi hasil dan komparasi terhadap nilai acuan dan/atau referensi. Hasil pada langkah (7) akan mempengaruhi strategi pada langkah selanjutnya, yakni (1).

### 2.1. Pemilihan skenario optimisasi

Skenario yang dimaksud pada tahap ini mencakup modalitas, jenis pemeriksaan, rentang usia pasien, dan situasi lainnya yang spesifik. Keputusan dan kesepakatan di awal perlu diambil untuk mencegah melebarnya cakupan optimisasi yang akan mengurangi fokus dan dapat membuat tahapan-tahapan selanjutnya menjadi tidak berhubungan dan tidak bermakna. Sebagai contoh, saat tim memutuskan untuk melakukan optimisasi pada pemeriksaan di modalitas radiografi umum, maka perlu diputuskan mengenai skenario yang akan dilakukan optimisasi. Skenario dapat didasari pada rentang usia/ukuran pasien (contoh: pasien pediatrik, pasien standar 70 kg, pasien obesitas), indikasi klinis, anatomi, proyeksi, maupun kombinasi diantaranya.

Jika skenario telah diputuskan di awal (contoh: akan dilakukan optimisasi untuk pemeriksaan thoraks PA *erect* dewasa), maka seluruh rangkaian proses setelahnya akan berlaku untuk skenario yang telah disepakati (thoraks PA *erect* dewasa). Artinya, hanya data dosis dan kualitas citra dari pemeriksaan thoraks PA *erect* dewasa yang akan diambil; dan pengambilan data, evaluasi, perubahan parameter eksposi, serta komparasi akhir hanya akan dilakukan pada pemeriksaan thoraks PA *erect* dewasa. Jika dalam prosesnya cakupan skenario dirasa perlu ditambah, maka disarankan untuk melaksanakan penambahannya dalam suatu rangkaian yang sama sekali terpisah.

### 2.2. Persiapan awal

Persiapan awal menjadi tahapan yang akan menentukan valid/tidaknya seluruh proses setelahnya. Dalam tahap ini, sangat direkomendasikan untuk;

- Menyepakati metode, langkah-langkah, peranan, dan urutan pekerjaan optimisasi yang akan dilaksanakan. Seluruh dokter spesialis radiologi, fisikawan medik, dan radiografer harus sepakat dan memiliki komitmen untuk melaksanakan peranan masing-masing dan menjaga komunikasi di setiap tahapan.
- Mengkomunikasikan seluruh rencana dan metode optimisasi kepada seluruh pihak yang terlibat secara tidak langsung pada rangkaian proses. Pihak-pihak tersebut termasuk teknisi vendor peralatan, teknisi lokal

rumah sakit, dan tenaga administrasi. Sangat penting untuk juga mengkomunikasikan rencana pelaksanaan optimisasi dan mendapatkan dukungan dari pimpinan instalasi/departemen/rumah sakit.

- Mempersiapkan formulir pengambilan data (dosis dan kualitas citra) yang disepakati bersama dan tidak multitafsir. Formulir yang disiapkan harus dapat dipahami dengan baik oleh semua pihak yang terlibat.
- Menyepakati besaran dan satuan yang akan digunakan selama proses optimisasi dan rangkaiannya.
- Memastikan bahwa seluruh alat ukur, terutama alat ukur dosis radiasi, berada dalam kondisi terkalibrasi dapat diverifikasi. Jika tidak, maka fisikawan medik bertanggung jawab untuk melakukan kalibrasi. Jika kalibrasi ke lembaga kalibrasi standar tidak dimungkinkan, pengecekan silang dengan perangkat yang terkalibrasi dapat dilakukan.

Seluruh tahapan di atas diperlukan untuk memastikan bahwa rangkaian proses optimisasi tidak akan terputus. Pada tahap ini, perlu dibentuk suatu tim dengan koordinator yang bertugas menjaga momentum dan memastikan semua pihak mendapatkan informasi yang dibutuhkan untuk melaksanakan perannya. Fisikawan medik sangat disarankan untuk mengambil peranan koordinasi antar profesi ini.

### 2.3. Akuisisi data

Optimisasi memerlukan informasi utuh dari segi dosis radiasi dan kualitas citra. Diperlukan data dengan populasi yang proporsional terhadap jumlah pasien pada skenario yang dipilih. Rujukan yang ada<sup>4-6</sup> tidak menyarankan jumlah minimum pasien. Pencatatan data mentah dosis radiasi atau parameter eksposi yang diperlukan untuk kalkulasi dosis disarankan dilakukan oleh radiografer yang ditinjau kemudian dikalkulasi (jika perlu kalkulasi lanjutan) oleh fisikawan medik, sedangkan data mengenai kualitas citra menjadi tanggung jawab dokter spesialis radiologi. Teknis pelaksanaan keduanya akan didiskusikan secara terpisah.

#### 2.3.1. Data dosis pasien

Pada tahapan ini, dosis pasien dapat dicatat secara (1) otomatis, yakni dengan perangkat lunak manajemen dosis yang terhubung ke data pesawat (parameter eksposi) dan sistem jaringan informasi rumah sakit (citra hasil pemeriksaan) yang dapat diunduh seluruh atau sebagian datanya secara langsung; (2) semi-otomatis, yakni dengan mencatat dari perangkat lunak manajemen dosis atau indikator di layar pesawat, atau; (3) manual, yakni dengan kalkulasi berdasarkan keluaran dosis dan ukuran lapangan radiasi. Salah satu contoh pengambilan data secara manual adalah dengan menggunakan alat bantu yang disediakan oleh BAPETEN, yakni kalkulasi dosis dalam Si-INTAN (daring). Pengambilan data dapat bersifat retrospektif, namun tidak disarankan apabila informasi yang ada tidak utuh.

Mengingat terdapat banyak besaran dan kuantitas dosis radiasi, perlu disepakati dari awal besaran dan kuantitas yang akan digunakan pada keseluruhan proses. Tabel 1 memberikan rekomendasi besaran dosis yang digunakan dalam proses optimisasi. Teknis kalkulasi nilai-nilai ini beserta kalibrasi alat ukurnya telah dideskripsikan dalam literatur yang menjadi acuan internasional.<sup>7,8</sup>

**Tabel 1.** Rekomendasi besaran dan kuantitas radiasi yang digunakan untuk keperluan optimisasi

Modalitas	Besaran	Satuan	Keterangan
Radiografi umum	DAP	$\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2$	Dapat dicatat langsung pada indikator (jika tersedia) maupun dikalkulasi manual untuk setiap pasien. Metode pada sistem Si-INTAN BAPETEN dapat digunakan.
Fluoroskopi	DAP	$\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2$	Dicatat langsung pada indikator (nilai akumulasi)
	$K_i$	$\mu\text{Gy}$	Nilai akumulasi (bersifat opsional)
Mammografi	MGD	mGy	Dapat dicatat dari indikator maupun dikalkulasi.
Dental (pano)	DAP	$\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2$	Kalkulasi dari hasil pengukuran
Dental (intraoral)	$K_i$	mGy	Kalkulasi dari hasil pengukuran
Dental (cephalo)	DAP	$\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2$	Kalkulasi dari hasil pengukuran
CT Scan	$\text{CTDI}_{\text{vol}}$	mGy	Dicatat dari indikator (nilai tertinggi atau total)
	DLP	mGy·cm	Dicatat dari indikator (nilai total)

DAP = dose area product; DLP = dose length product;  $K_i$  = incident air kerma; MGD = mean glandular dose;  $\text{CTDI}_{\text{vol}}$  = volumetric computed tomography dose index

**Tabel 2.** Rekomendasi parameter eksposi yang dicatat bersamaan dengan data dosis pasien

Parameter	Satuan	Keterangan
Tegangan tabung	kVp	-
Arus tabung	mA	Dapat digabung dengan waktu paparan (mAs). Pada CT, perlu juga dicatat mAs efektif
Waktu paparan	s	-
Ukuran lapangan	cm <sup>2</sup>	Pada posisi detektor citra
Filter tambahan	mmCu dan/atau mmAl	Tidak termasuk filter bawaan ( <i>inherent</i> )
<i>Exposure indicator</i>	-	Khusus radiografi umum. Nilainya unik untuk setiap merk dan tipe alat
Jarak SID	cm	Jika parameter dosis yang dicatat bergantung pada jarak
FOV ( <i>Field of View</i> )	cm	Khusus fluoroskopi dan CT
Panjang scan	cm	Khusus CT
Nama protokol/mode	-	Pada CT, termasuk jenis scan ( <i>axial/helical/multi</i> )
Ukuran detektor	n x t (dalam cm)	Khusus CT (n = jumlah detektor aktif; t = lebar detektor)
Algoritma rekonstruksi	-	Khusus CT

Selain dosis, seluruh parameter eksposi yang berhubungan dengan dosis harus dicatat dalam formulir yang sama untuk keperluan evaluasi. Tabel 2 memberikan daftar parameter eksposi yang diperlukan dalam pencatatan dosis. Jika dilakukan pencatatan dosis dari indikator pesawat, fisikawan medik bertanggungjawab memastikan bahwa setiap nilai yang dihasilkan indikator tersebut adalah valid. Untuk indikator CTDI<sub>vol</sub>, batas maksimum simpangan nilai indikator terhadap hasil pengukuran dengan dosimeter terkalibrasi disarankan sebesar 20%, sedangkan batas maksimum kesalahan 10% disarankan untuk besaran modalitas lainnya. Untuk parameter eksposi lainnya, nilai batasan simpangan mengacu pada regulasi uji kesesuaian (Peraturan BAPETEN No. 2 tahun 2018).<sup>9</sup>

Lebih lanjut, fisikawan medik bertanggung jawab untuk mengolah hasil yang didapatkan secara statistik menjadi angka atau grafik untuk dikomunikasikan dengan anggota tim dalam diskusi. Disarankan untuk menyajikan data sebagai kuartil ke-3 (percentile ke-75).<sup>5, 6, 10</sup> Nilai inilah yang kemudian digunakan sebagai nilai dosis dari skenario yang telah ditentukan.

### 2.3.2. Data kualitas citra

Penentuan kualitas citra klinis pasien dalam proses optimisasi menjadi tanggung jawab dokter spesialis radiologi. Jika skenario yang dipilih melibatkan suatu subspecialisasi (misal: pediatrik atau mammografi), maka sangat disarankan untuk melibatkan dokter spesialis radiologi dengan subspecialisasi terkait. Meskipun subyektivitas dalam aspek ini tidak dapat dihindari, penggunaan fantom dalam penentuan kualitas citra dalam tahap ini perlu dihindari, sebab citra fantom hanya memberikan informasi mengenai performa teknis sistem pencitraan, bukan memberikan informasi kualitas citra klinis (visibilitas anatomi dan patologi) yang diperlukan oleh dokter spesialis radiologi untuk menegakkan diagnosis.

Adapun teknik penilaian kualitas citra yang disarankan adalah dengan menggunakan skoring. Tidak disarankan untuk menggunakan skor angka (misal; 1 s.d. 5) tanpa keterangan atau dengan keterangan yang sangat singkat (misal: “buruk”, “cukup”, “baik”, dan “baik sekali”) karena berpotensi meningkatkan subyektivitas antar observer. Disarankan untuk menggunakan rentang skor yang tidak terlalu banyak dan didampingi oleh narasi yang dapat mewakili pendapat observer. Contoh skor yang disarankan adalah sebagai berikut;

- Skor (1) “citra seperti ini tidak bagus dan tidak dapat saya baca. Mohon diulangi.”
- Skor (2) “citra seperti ini sebetulnya tidak seperti yang saya harapkan, namun dapat saya baca untuk kali ini saja. Ke depan, saya tidak bersedia membaca citra seperti ini lagi.”
- Skor (3) “citra seperti ini yang saya harapkan. Mohon untuk mempertahankan kualitas seperti ini.”

Penentuan skor citra dilakukan sebelum/sesudah pembacaan citra. Disarankan untuk menyertakan formulir penilaian kualitas citra ini sebagai bagian dari berkas status/film pasien. Dalam hal ini, diperlukan kerjasama dan koordinasi dengan personil administrasi. Formulir kualitas citra dapat juga menjadi bukti proses kendali mutu sebagai

**Tabel 3.** Pembagian peranan dalam tahap pelaksanaan optimisasi

<b>Tahapan</b>	<b>Radiolog</b>	<b>Fisikawan medik</b>	<b>Radiografer</b>	<b>Teknisi</b>	<b>Administrasi</b>
Pemilihan skenario	Menginformasikan kandidat skenario yang perlu dioptimisasi dari segi kualitas citra	Memberikan informasi mengenai trend dosis radiasi pada skenario	Memberikan informasi ruang optimisasi pada skenario	Memberikan informasi mengenai mode khusus untuk skenario yang dipilih	Menyediakan data pemeriksaan yang sering dilakukan
Persiapan awal	Menyetujui formulir akuisisi data kualitas citra	(1) Memeriksa kelayakan peralatan; (2) menyiapkan formulir dosis, parameter eksposi, dan kualitas citra	Menyepakati isi dan format formulir akuisisi data parameter eksposi beserta satuan yang digunakan	-	Menyertakan formulir akuisisi data kualitas citra dalam berkas ekspertise
Akuisisi data	Mengisi skor kualitas citra	Menjaga konsistensi pemakaian besaran dan satuan	Mencatat parameter eksposi dan metrik dosis	Membuka akses ke PACS dan HIS/RIS (jika ada)	-
Evaluasi awal	Menyetujui usulan perubahan yang diajukan fisikawan medik dan radiografer	Memaparkan hasil dosis (Q3) dan kualitas citra (modus) dan komparasinya, serta mendiskusikan perubahan tata laksana dengan radiografer, percobaan dengan fantom	Mendiskusikan perubahan tata laksana dengan fisikawan medik	Membuka kemungkinan modifikasi mode otomatis pada skenario berdasarkan diskusi radiografer dan fisikawan medik	Dokumentasi hasil evaluasi (perubahan tata laksana)
Implementasi evaluasi dan re-akuisisi data	Mengisi skor kualitas citra dan mendeteksi penurunan kualitas citra akibat perubahan tata laksana	Memastikan tata laksana baru dilaksanakan sesuai hasil diskusi	Melaksanakan eksposi dengan tata laksana hasil diskusi/percobaan dengan fisikawan medik; mencatat parameter eksposi dan metrik dosis	Membuka akses ke PACS dan HIS/RIS (jika ada)	-
Re-evaluasi	Mengidentifikasi perubahan kualitas citra terhadap hasil awal	Mengidentifikasi perubahan trend dosis terhadap hasil akuisisi awal; membuat kesimpulan	-	-	Dokumentasi keseluruhan proses

dokumen pendukung akreditasi. Seluruh anggota tim harus memiliki akses terhadap hasil penilaian kualitas citra. Kualitas citra secara keseluruhan dari skenario yang dipilih adalah modus dari nilai skor seluruh pasien dalam skenario tersebut.

#### 2.4. *Evaluasi awal (intervensi)*

Dengan tersedianya data dosis radiasi dan kualitas citra dari skenario yang disepakati, proses optimisasi dapat dilanjutkan dengan penentuan tindakan/intervensi terhadap praktik berjalan. Tahapan pertama adalah membandingkan data dosis dengan merujuk kepada nilai acuan. Nilai acuan yang direkomendasikan adalah DRL yang ditetapkan dengan metodologi baku yang melibatkan pihak berwenang dan tim ilmuwan ahli di bidang radiologi diagnostik dan intervensional.<sup>6, 11</sup> Sebagai informasi, penentuan DRL didahului dengan keterlibatan pihak berwenang dan tim ilmuwan ahli dalam studi nilai dosis pada skenario tertentu yang dilaksanakan secara simultan dan terkoordinasi di banyak tempat (studi *multi-center*). Studi dan penetapan DRL belum dilaksanakan di Indonesia.

Dalam kondisi ideal, diutamakan untuk membandingkan data dengan DRL lokal (tingkat institusi) yang nilainya lebih rendah dari DRL tingkat nasional, namun jika data tersebut tidak/belum tersedia, maka hasil pengambilan data awal dapat ditetapkan sebagai DRL lokal dan komparasi dilakukan dengan DRL dari cakupan yang lebih luas (nasional/internasional). Jika dilakukan komparasi dengan DRL internasional atau DRL negara lain, sangat direkomendasikan untuk memilih negara/wilayah yang memiliki kondisi fisik dan antropometri pasien yang mirip dengan pasien Indonesia.

Dalam proses evaluasi yang melibatkan seluruh personil, fisikawan medik bertugas memaparkan nilai kuartil ke-3 dari dosis beserta data modus kualitas citra dan nilai DRL yang dirujuk. Jika terdapat hasil pengambilan data dosis yang lebih tinggi dari rujukan atau nilai kualitas citra yang dianggap rendah, maka seluruh personil bertanggungjawab untuk mengidentifikasi penyebabnya dengan mengedepankan prinsip kebaikan bersama demi perbaikan mutu layanan. Sikap menyalahkan antar personil sangat tidak disarankan dan harus dihindari.

Radiografer dan fisikawan medik kemudian bertanggungjawab untuk mendiskusikan dan mengidentifikasi opsi-opsi perubahan dalam tata laksana atau penentuan parameter eksposi yang dimungkinkan. Dalam tahap ini, fisikawan medik bersama radiografer disarankan untuk melakukan percobaan secara kuantitatif dengan menggunakan fantom untuk memperkirakan efektivitas dari perubahan tata laksana atau parameter eksposi yang diusulkan serta dampaknya pada dosis dan kualitas citra. Dalam proses ini, sangat direkomendasikan untuk melibatkan teknisi vendor dan teknisi lokal untuk dapat memberikan gambaran mengenai fitur-fitur keselamatan radiasi yang mungkin telah tersedia dalam sistem pesawat sinar-X dan perlu dimanfaatkan secara optimal. Hasil percobaan berupa strategi perubahan terbaik kemudian didiskusikan bersama dokter spesialis radiologi untuk sama-sama menyepakati perubahan tata laksana atau parameter eksposi untuk diaplikasikan secara klinis.

#### 2.5. *Implementasi intervensi*

Strategi yang telah disepakati diaplikasikan pada pasien yang berada dalam skenario. Rentang waktu pelaksanaan sebelum dilaksanakan re-evaluasi perlu disepakati. Sangat disarankan untuk mengadakan sosialisasi dan pelatihan secara intensif bagi tim radiografer untuk membiasakan perubahan tata laksana dan parameter eksposi. Radiografer koordinator dan fisikawan medik bertugas mengawal secara persuasif dan menjamin tata laksana lama tidak kembali dipraktikkan.

Proses implementasi ini dapat sewaktu-waktu dibatalkan apabila ditemukan kejanggalan kualitas citra dan nilai dosis yang tidak dapat ditoleransi. Dalam kasus demikian, strategi yang telah disepakati harus dibatalkan dan dikembalikan ke tata laksana atau parameter eksposi sebelum intervensi dan harus diadakan evaluasi kembali.

#### 2.6. *Re-akuisisi data pasca intervensi*

Selama tata laksana dan strategi baru yang disepakati telah diterapkan, data dosis dan kualitas citra harus dicatat dan dikumpulkan dengan cara yang sama seperti pengambilan data sebelumnya. Pengambilan data disarankan untuk dilaksanakan hingga didapatkan populasi data yang minimal sama dengan pengambilan data pra-intervensi.

## 2.7. Re-evaluasi

Data dosis dan kualitas citra sesudah dan sebelum dilakukan perubahan strategi atau tata laksana kemudian dievaluasi oleh seluruh personil. Fisikawan medik bertanggungjawab untuk memaparkan hasil optimisasi dengan membandingkan data dosis dan kualitas citra di kedua situasi. Proses optimisasi dinyatakan berhasil apabila teridentifikasi (1) penurunan dosis tanpa penurunan modus skor kualitas citra; (2) peningkatan dosis yang diiringi dengan peningkatan modus skor kualitas citra dengan catatan nilai dosis tidak melebihi DRL acuan; atau (3) peningkatan modus skor kualitas citra yang tidak diiringi dengan peningkatan dosis.

Sebaliknya, proses optimisasi dinyatakan tidak berhasil apabila (1) terdapat penurunan dosis yang diiringi penurunan modus skor kualitas citra, atau (2) peningkatan dosis yang tidak diiringi kenaikan modus skor kualitas citra. Situasi dimana didapati nilai dosis yang meningkat diiringi penurunan kualitas citra sangat jarang terjadi.

Setelah optimisasi yang berhasil, semua pihak disarankan untuk menyepakati jangka waktu pelaksanaan optimisasi ulang. Hal ini menjadi penting untuk kesinambungan dan sebagai upaya memastikan peningkatan layanan secara kontinu. Peranan seluruh pihak yang terlibat dirangkum dalam Tabel 3.

## 3. Potensi kendala dalam optimisasi

Meskipun bersifat lugas dan sederhana, proses optimisasi yang melibatkan banyak pihak sangat berpotensi untuk menemui kendala teknis maupun non-teknis. Adapun kendala teknis yang mungkin terjadi diantaranya;

- Kekeliruan satuan dalam pencatatan dan proses konversi satuan (untuk kasus pengumpulan data secara manual) yang menyebabkan kekeliruan data secara sistematis
- Kesalahan dalam perhitungan dosis dan kalibrasi dosimeter, yang mengakibatkan kesalahan secara sistematis dan mempengaruhi semua data
- Kendala pada perangkat lunak manajemen dosis atau sistem komputer, yang mengakibatkan kesalahan sistematis
- Ketidakteelitian dalam pencatatan nilai dosis yang menyebabkan kekeliruan data secara individu
- Kesalahan interpretasi skor kualitas citra
- Terbatasnya informasi mengenai fitur pesawat sinar-X (buku manual hilang, vendor tidak kooperatif, dan sebagainya)
- Tidak tersedianya peralatan ukur dosis dan fantom untuk evaluasi kualitas citra.
- Tidak adanya nilai DRL sebagai acuan komparasi

Sementara itu, kendala bersifat non-teknis yang mungkin muncul antara lain;

- Lemahnya komitmen pihak terkait
- Komunikasi yang kurang efektif dan konstruktif
- Proses yang tidak terdokumentasi dengan lengkap
- Kurang atau tidak adanya dukungan manajemen dan pimpinan.

## 4. Rekomendasi

Untuk memastikan proses optimisasi berjalan dengan baik, berikut beberapa rekomendasi yang perlu diperhatikan;

- Seluruh tahapan optimisasi pada persiapan awal harus disepakati dan diikuti serta dikawal dengan seksama
- Kerjasama dan masukan dari dokter spesialis radiologi, fisikawan medik, dan radiografer mutlak diperlukan
- Nilai akurasi dari indikator dosis harus dipastikan sebelumnya dengan toleransi yang telah ditentukan
- Dalam setiap tahapan pencatatan, perlu ada mekanisme pengecekan silang untuk meminimalisasi kesalahan pencatatan
- Perlu kehati-hatian dan ketelitian dalam menggunakan satuan serta melakukan konversi ke satuan lain dalam besaran yang sama. Kesepakatan di awal mengenai satuan yang digunakan harus dipatuhi semua pihak
- Strategi yang disepakati disarankan untuk diuji dengan fantom sebelum diimplementasikan secara klinis
- Diperlukan sosialisasi dan pelatihan yang intensif dalam penerapan hasil evaluasi

- Hasil, proses, dan rekomendasi selama proses optimisasi harus terdokumentasi dan dapat diakses oleh semua pihak yang terlibat termasuk manajemen, pimpinan, dan badan negara yang berwenang.
- Perlu konsultasi dengan ilmuwan ahli mengenai pemilihan nilai DRL sebagai komparasi. Kekeliruan dalam pemilihan nilai acuan dapat berakibat kesalahan pada seluruh proses yang mungkin merugikan pasien.

## 5. Lessons learned (contoh upaya optimisasi)

Upaya optimisasi telah dilaksanakan pada Rumah Sakit A, Jakarta, dalam kurun waktu 2015-2018. Skenario yang dipilih adalah pemeriksaan CT kepala, thoraks, dan abdomen untuk pasien pediatrik dengan rentang usia 0-1 tahun, 1-5 tahun, 5-10 tahun, dan 10-15 tahun. Pengambilan data awal dilaksanakan pada September 2017. Pertemuan evaluasi dilaksanakan pada Desember 2017 dan yang dilanjutkan dengan pengambilan data pasca-evaluasi pada November 2018. Tabel 3 menyajikan contoh hasil pengambilan data sebelum dan sesudah evaluasi (CT kepala). Hasil pengambilan data awal telah dipublikasikan sebelumnya.<sup>22</sup>

Pada kegiatan optimisasi ini, tidak tersedia data kualitas citra pasien. Karenanya, keputusan strategi optimisasi diambil berdasarkan diskusi pada pertemuan evaluasi. Nilai DLP untuk pasien berusia 10-15 tahun didapatkan lebih tinggi dari nilai yang didapatkan publikasi lain. Setelah investigasi lebih lanjut, ditemukan bahwa nilai ini dikarenakan panjang *scan* yang terlalu lebar. Sementara itu, nilai CTDI<sub>vol</sub> untuk kelompok usia yang sama juga didapati lebih tinggi, dan penyebab hal ini adalah penggunaan protokol kepala dewasa untuk beberapa kasus. Dalam pertemuan, disepakati untuk melakukan upaya pengurangan panjang *scan* dan perubahan protokol.

Sebagai tindak lanjut Setelah penyampaian rekomendasi, data dosis pasien kembali diambil dan didapati bahwa nilai CTDI<sub>vol</sub> tidak mengalami perubahan akibat kemungkinan perubahan kualitas visual citra jika digunakan protokol lain. Namun, terlihat penurunan sebesar 24% pada nilai DLP, yang berarti pengurangan panjang *scan* telah dilaksanakan dan tidak mempengaruhi kualitas citra. Hal menarik yang ditemukan adalah meningkatnya DLP untuk pasien usia 5-10 tahun. Peningkatan ini didasari oleh peningkatan CTDI<sub>vol</sub> yang berarti terdapat perubahan *trend* penggunaan protokol yang memerlukan penelusuran lebih dalam. Kajian lebih dalam perlu dilakukan untuk memastikan ketersediaan informasi kualitas citra untuk memaksimalkan dan memenuhi rangkaian optimisasi yang utuh.

Secara umum, studi ini merupakan studi awal yang memberikan gambaran mengenai kendala dan tantangan dalam pelaksanaan optimisasi mengikuti protokol baku. Dalam studi ini ditemukan berbagai kendala, yakni (1) tidak tersedianya alat ukur radiasi dan kualitas citra di RS A, (2) tidak tersedianya staf yang didedikasikan secara khusus untuk mengawal momentum dan keseluruhan proses, (3) tidak tersedianya data DRL nasional maupun

**Tabel 3.** Hasil koleksi data dosis (kuartil ke-3) dibandingkan dengan data dari publikasi internasional.

Dosis CT kepala	CTDI (mGy)				DLP (mGy.cm)			
	0-1	1-5	5-10	10-15	0-1	1-5	5-10	10-15
Inggris <sup>12</sup>	25	40	60	-	350	650	860	-
Finlandia <sup>13</sup>	23	25	29	35	330	370	460	560
Swiss <sup>14</sup>	33	40	50	50	390	520	710	920
Belgia <sup>15</sup>	35	43	49	50	280	473	637	650
Jerman <sup>16</sup>	33	40	50	60	400	500	650	850
Prancis <sup>17</sup>	30	40	50	-	420	600	900	-
*Australia <sup>18</sup>	-	7	16	-	-	68,7	154,8	-
**Jepang <sup>19</sup>	-	-	-	-	820	1000	1040	1120
Thailand <sup>20</sup>	26	29	39	45	402	570	613	801
Internasional (IAEA) <sup>21</sup>	26	36	43	53	440	540	690	840
RS A (Des 2017)	36	42	45	87	635	885	1024	2194
RS A (Nov 2018)	35	42	51	87	605	801	1316	1669

\* Nilai rata-rata

\*\* Berbeda dalam pengelompokan usia (<1, 1-7, 8-12, dan 13-19 tahun)

lokal, dan (4) tidak didapatkannya data kualitas citra. Meskipun kendala pertama telah dicoba diatasi dengan melakukan verifikasi dosimetri menggunakan peralatan dari Laboratorium Fisika Medis dan Biofisika, Departemen Fisika, FMIPA Universitas Indonesia, namun kendala ini tetap tidak bisa diatasi sepenuhnya karena fleksibilitas penggunaan alat yang rendah mengingat penggunaannya yang bersamaan dengan kegiatan penelitian dan pendidikan. Kendala kedua, yakni ketersediaan staf yang terdedikasi, adalah terkait dengan kondisi di RS A yang tidak mempekerjakan fisikawan medik *full-time* pada saat kegiatan optimisasi dimulai. Fisikawan medik *full-time* kemudian tersedia di RS A pada pertengahan berjalannya kegiatan, sehingga tidak memungkinkan bagi yang bersangkutan untuk terlibat secara penuh. Kendala mengenai tidak tersedianya data DRL ditanggulangi dengan menggunakan DRL dari negara lain sebagai referensi seperti terlihat pada Tabel 3, namun solusi ini tidak dapat dipandang sebagai solusi permanen. Tetap diperlukan upaya untuk menetapkan DRL nasional melalui penelitian di lebih dari satu rumah sakit (*multi-center study*). Kendala terakhir mengenai kualitas citra tidak dapat diatasi pada kurun waktu kegiatan karena terbatasnya waktu koordinasi dengan tim Fisika Medis di UI dengan tim dokter radiologi dan radiografer RS A. Dengan tim yang lengkap dan koordinatif, kendala ini tidak akan ditemui.

## Ucapan terima kasih

Penulis menyampaikan apresiasi kepada IAEA khususnya tim CRP E2.40.20 atas pengetahuan dan diskusi selama berada dalam tim.

## Referensi

- <sup>1</sup> International Atomic Energy Agency, *IAEA Safety Standards General Safety Requirements Part 3 No. GSR Part 3 Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards* (2014).
- <sup>2</sup> Badan Pengawas Tenaga Nuklir, *Peraturan Kepala BAPETEN No. 8 Tahun 2011* (2011).
- <sup>3</sup> International Atomic Energy Agency, *IAEA TECDOC 1423: Optimization of the radiological protection of patients undergoing radiography, fluoroscopy and computed tomography* (2004).
- <sup>4</sup> International Atomic Energy Agency, *IAEA Human Health Series No. 24: Dosimetry in Diagnostic Radiology for Paediatric Patients* (International Atomic Energy Agency, Vienna, 2013).
- <sup>5</sup> European Commission, *European Guidelines on Diagnostic Reference Levels for Paediatric Imaging* (Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018).
- <sup>6</sup> E. Vañó *et al.*, "ICRP Publication 135: Diagnostic Reference Levels in Medical Imaging," *Ann. ICRP* **46**(1), 1–144 (2017).
- <sup>7</sup> International Atomic Energy Agency, *IAEA Technical Report Series No. 457: Dosimetry in Diagnostic Radiology: an International Code of Practice* (International Atomic Energy Agency, Vienna, 2007).
- <sup>8</sup> The International Commission on Radiation Unit and Measurement, *ICRU Report 74: Patient Dosimetry for X Rays Used in Medical Imaging* (Oxford University Press, 2005).
- <sup>9</sup> Badan Pengawas Tenaga Nuklir, *Peraturan BAPETEN No. 2 Tahun 2018* (2018).
- <sup>10</sup> C. McCollough *et al.*, "Diagnostic Reference Levels From the ACR CT Accreditation Program," *J. Am. Coll. Radiol.* **8**(11), 795–803 (2011).
- <sup>11</sup> K. Faulkner, "Protocols for dosimetry and patient reference levels," *Radiat. Prot. Dosim.* **117**(1–3), 195–198 (2005).
- <sup>12</sup> P.C. Shrimpton, M.C. Hillier, S. Meeson, and S.J. Golding, *Doses from Computed Tomography (CT) Examinations in the UK – 2011 Review*, (2014).
- <sup>13</sup> H. Järvinen *et al.*, "Indication-based national diagnostic reference levels for paediatric CT: a new approach with proposed values," *Radiat. Prot. Dosimetry* **165**(1–4), 86–90 (2015).
- <sup>14</sup> M. Galanski, H.D. Nagel, and G. Stamm, "Pädiatrische CT-Expositionspraxis in der Bundesrepublik Deutschland Dienstanschriften der Autoren," (2006).
- <sup>15</sup> N. Buls, H. Bosmans, C. Mommaert, F. Malchair, P. Clapuyt, and P. Everarts, *CT paediatric doses in Belgium: a multi-centre study*, (2010).
- <sup>16</sup> R. Veit, R. Guggenberger, D. Noßke, and G. Brix, "Diagnostische Referenzwerte für Röntgenuntersuchungen," *Radiologe* **50**(10), 907–912 (2010).
- <sup>17</sup> P. Roch and B. Aubert, "French diagnostic reference levels in diagnostic radiology, computed tomography and nuclear medicine: 2004–2008 review," *Radiat. Prot. Dosimetry* **154**(1), 52–75 (2013).

- <sup>18</sup> D.J. Watson and K.S. Coakley, "Paediatric CT reference doses based on weight and CT dosimetry phantom size: local experience using a 64-slice CT scanner," *Pediatr. Radiol.* **40**(5), 693–703 (2010).
- <sup>19</sup> Y. Fukushima, Y. Tsushima, H. Takei, A. Taketomi-Takahashi, H. Otake, and K. Endo, "Diagnostic reference level of computed tomography (CT) in japan," *Radiat. Prot. Dosimetry* **151**(1), 51–57 (2012).
- <sup>20</sup> S. Kritsaneepaiboon, P. Trinavarat, and P. Visrutaratna, "Survey of pediatric MDCT radiation dose from university hospitals in Thailand: a preliminary for national dose survey," *Acta radiol.* **53**(7), 820–826 (2012).
- <sup>21</sup> J. Vassileva *et al.*, "A study to establish international diagnostic reference levels for paediatric computed tomography," *Radiat. Prot. Dosimetry* **165**(1–4), 70–80 (2015).
- <sup>22</sup> L.E. Lubis, A.F. Jundi, A. Susilo, A. Evianti, and D.S. Soejoko, "Local dose survey on paediatric multi-detector CT: A preliminary result," in *IFMBE Proc.*(2019).