

**PENGUKURAN ESTIMASI DOSIS RADIASI DENGAN CALDOSE_X VERSI 5.0
DI LABORATORIUM RADIOLOGI
JURUSAN TEKNIK RADIODIAGNOSTIK DAN RADIOTERAPI**

**RADIATION DOSE ESTIMATION WITH CALDOSE_X VERSION 5.0
IN RADIOLOGICAL LABORATORY
DEPARTMENT OF RADIODIAGNOSTIC AND RADIOTHERAPY TECHNIQUE**

Agung Nugroho Setiawan
Poltekkes Kemenkes Semarang, Indonesia
e-mail: agung.jtrr@poltekkes-smg.ac.id

ABSTRACT

Background: Media in the educational perspective is a strategic instrument in determining the success of the teaching and learning process. On radiographic examination, each patient is always at risk of exposure to ionizing radiation that is not necessary. Students need to learn whether the exposure factors which they use on patients is still below of the diagnostic reference level. This article purpose to get an overview of the radiation dose estimation using CALDose_X version 5.0 software as a laboratory-learning instrument in Radiological Laboratory Department of Radio diagnostic and Radiotherapy Technique, Poltekkes Kemenkes Semarang.

Methods: This article contains a description of using this software. The sample type is purposive sampling, which consist of seven types of radiographic examinations belong to The Head of Bapeten Regulation Number 8 of 2011. Entrance surface air kerma (ESAK) value from each exposure factors compared with Bapeten dose limit.

Results: The result showed this software able to calculate the incident air kerma of radiographic examination based on the output parameters of an X-ray tube. All of ESAK values confirm with the Bapeten dose limit.

Conclusion: The CALDose_X version 5.0 can be proposed as an instructional media to teach students in estimating absorbed dose to organs and tissues of the human body, the effective dose as well as the patient's cancer risk for radiographic examinations.

Keywords : Radiation Dose, Instructional Media, CALDose_X, Bapeten Dose Limit

PENDAHULUAN

Media dalam prespektif pendidikan merupakan instrumen yang sangat strategis dalam ikut menentukan keberhasilan proses belajar mengajar. Sebab keberadaannya secara langsung dapat memberikan dinamika tersendiri terhadap peserta didik. Kata media pembelajaran berasal dari bahasa latin "medius" yang secara harfiah berarti "tengah", perantara atau pengantar. Dalam bahasa Arab, media bermakna perantara atau pengantar pesan dari pengirim kepada penerima pesan. Gerlach dan Ely mengatakan bahwa media apabila dipahami secara garis besar adalah manusia, materi, atau kejadian yang membangun kondisi yang membuat siswa mampu memperoleh pengetahuan, keterampilan, atau sikap⁽¹⁾

Penggunaan sinar-X dalam dunia kedokteran, selain memiliki banyak manfaat juga memiliki efek buruk terhadap tubuh manusia. Sinar-X dapat menimbulkan ionisasi yang selanjutnya membentuk ion radikal dalam jaringan tubuh yang dilewatinya. Efek radiasi terhadap manusia tersebut dapat muncul apabila tubuh manusia mendapatkan paparan radiasi dengan dosis yang melebihi ambang (efek deterministik) maupun dari akumulasi dosis yang dapat meningkatkan probabilitas timbulnya penyakit kanker (efek stokastik).

Pada pemeriksaan radiografi diagnostik, setiap pasien radiologi selalu mempunyai risiko terkena paparan radiasi

pengion yang tidak seperlunya. Faktor keselamatan manusia harus mendapatkan prioritas utama sehingga setiap pemanfaatan radiasi pengion harus menyertakan upaya proteksi agar penerimaan dosis radiasi pada pasien dapat diberikan secara optimum.

Mahasiswa radiografi wajib memahami aspek keselamatan radiasi dalam pembelajaran, khususnya terkait dengan proteksi radiasi terhadap pasien. Pembelajaran teori maupun praktek di laboratorium radiologi meliputi konsep dosis radiasi, cara pengukuran, maupun upaya meminimalkan dosis pasien yang tidak perlu. Peran media pembelajaran yang bersifat aplikatif, menarik dan komprehensif, diperlukan sebagai sarana dalam memenuhi capaian pembelajaran yang telah ditetapkan.

Pengukuran *Entrance Skin Dose* (ESD) secara langsung dilakukan dengan menggunakan *Thermoluminescent Dosimeter* (TLD) pada obyek radiasi pasien dalam kondisi penyinaran tertentu. Pengukuran ESD tidak langsung dapat dilakukan dengan cara perhitungan beberapa parameter yaitu *tube output* (dari data uji performa pesawat sinar-X), *backscatter factor* dan parameter penyinaran pada pasien yaitu kVp, mAs, luas lapangan radiasi dan jarak fokus ke TLD⁽²⁾.

Adapun cara lain dalam mengukur ESD adalah dengan menggunakan perangkat lunak yang sudah didesain khusus untuk menghitung dosis radiasi pasien, yang bernama

CALDose_X versi 5.0. Perangkat lunak ini merupakan hasil kajian ilmuwan asal Brazil, Richard Kramer, dkk dan sejak tahun 2008 telah digunakan untuk memperkirakan dosis serap pada organ dan jaringan lunak, dosis efektif dan risiko kanker akibat penyinaran sinar-X pada pemeriksaan radiodiagnostik tertentu⁽³⁾.

Pembelajaran di Laboratorium Radiologi Jurusan Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi Poltekkes Kemenkes Semarang berupa aspek pengetahuan, keterampilan dan sikap dalam melakukan pemeriksaan radiografi diagnostik. Pembelajaran dilakukan dengan menggunakan dua pesawat sinar-X stasioner, satu pesawat sinar-X *mobile*, satu unit *Direct Digital Radiography*, sistem pengolahan film manual maupun otomatis serta *Computed Radiography* (CR) sebagai media penangkap dan penghasil citra. Mahasiswa perlu mempelajari, apakah faktor eksposi yang mereka pergunakan dalam membuat radiograf terhadap pasien masih di bawah atau melebihi dari tingkat panduan dosis yang menjadi acuan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan gambaran tentang pengukuran dosis radiasi pasien dengan menggunakan perangkat lunak CALDose_X versi 5.0 sebagai media pembelajaran laboratorium, dan untuk mengetahui estimasi nilai dosis radiasi pasien pada pemakaian faktor eksposi di Laboratorium Radiologi Jurusan Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi Poltekkes Kemenkes Semarang.

METODE

Memuat deskripsi tentang pemanfaatan CALDose_X versi 5.0 untuk pengukuran dosis pasien di laboratorium radiologi JTRR.

Sampel berupa *purposive sampling*, yakni teknik penentuan sampel dengan pertimbangan tertentu⁽⁴⁾. Pemilihan sekelompok subyek dalam penelitian ini didasarkan atas jenis-jenis pemeriksaan radiodiagnostik yang terdapat dalam Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 8 tahun 2011. Sampel tersebut adalah tujuh nilai dosis radiasi (ESAK) pemeriksaan radiodiagnostik (Thoraks PA; Abdomen Dewasa AP; Kepala AP; Kepala AP (grid); Lumbal AP; Pelvis AP; dan Vertebra Thorakal AP) yang dihasilkan dari penggunaan faktor eksposi standar di laboratorium 2 JTRR.

Penulis melakukan perhitungan dosis dengan memasukkan variabel jenis kelamin pasien, tegangan tabung, kuat arus, jarak penyinaran, ketebalan tubuh pasien serta memilih jenis pemeriksaan radiodiagnostik dengan jenis phantom dan pesawat sinar-X yang sesuai dalam penelitian.

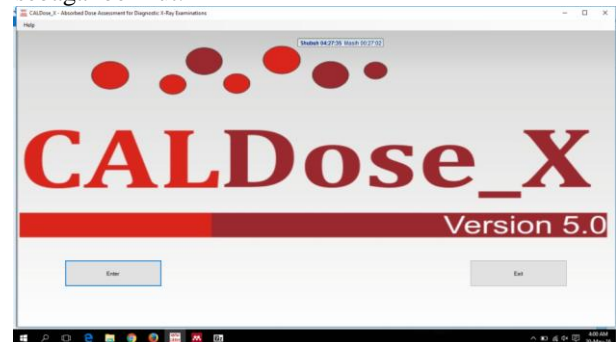
Analisis hasil pengukuran dengan CALDose_X versi 5.0 berupa data *Entrance Surface Air Kerma* (ESAK) dalam satuan mGy. Nilai dosis radiasi dinyatakan memenuhi, bila lebih rendah dari nilai batas dosis yang ditetapkan dalam Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 8 Tahun 2011.

HASIL

Langkah mengoperasikan CALDose_X versi 5.0 adalah sebagai berikut:

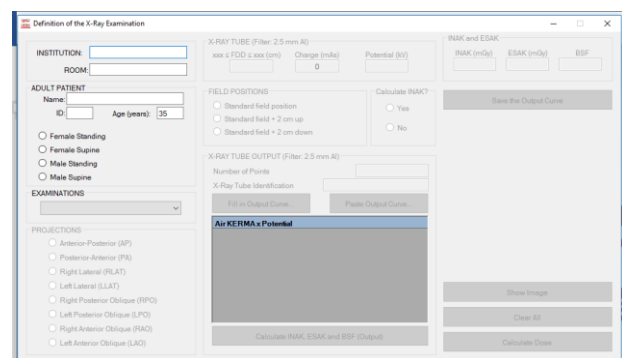
a) Unduh file di www.caldose.org dengan melakukan registrasi terlebih dahulu.

- b) Lakukan ekstraksi file CALDose_X 5.0.rar dan jalankan CALDose_X_Install_5.0.msi
c) CALDose_X versi 5.0 siap digunakan, dengan tampilan sebagai berikut:



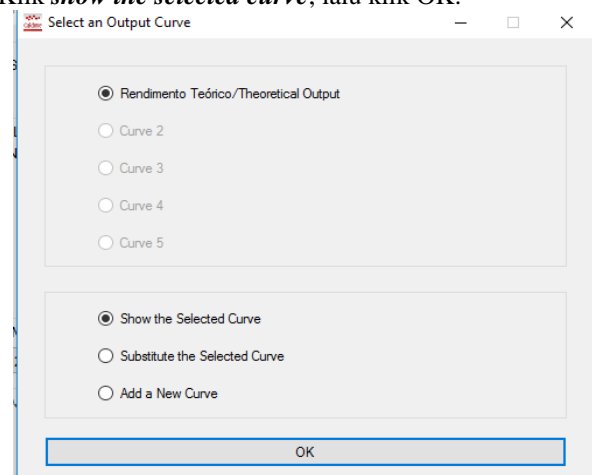
Gambar 1. Tampilan awal CALDose_X versi 5.0

- d) Klik Enter, lalu masukkan data-data berikut: nama rumah sakit, nama ruang pemeriksaan, nama pasien, ID, umur, posisi pasien, jenis proyeksi pemeriksaan, FFD, mAs, kV, *field position* dan klik Yes pada *calculate INAK?*



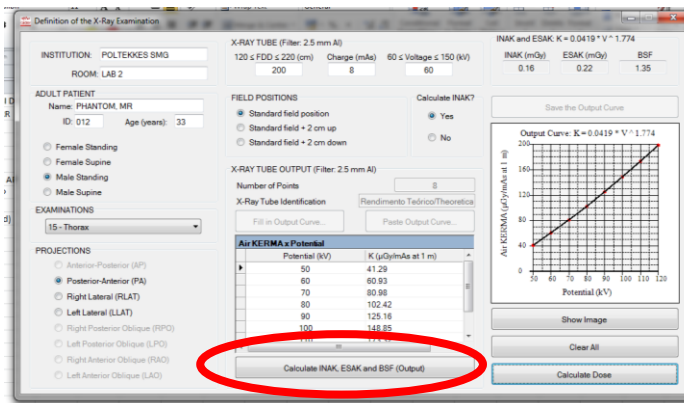
Gambar 2. Halaman input data

- e) Klik *show the selected curve*, lalu klik OK.



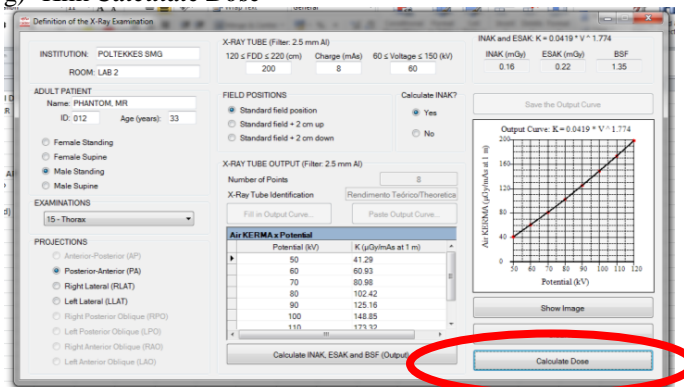
Gambar 3. Menu pilihan input kurva

- f) Klik *Calculate INAK, ESAK and BSF (Output)*



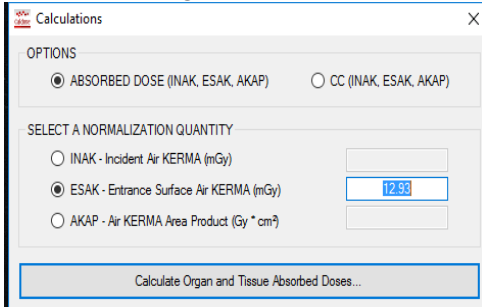
Gambar 4. Menu pilihan untuk kalkulasi INAK dalam perhitungan dosis

g) Klik *Calculate Dose*



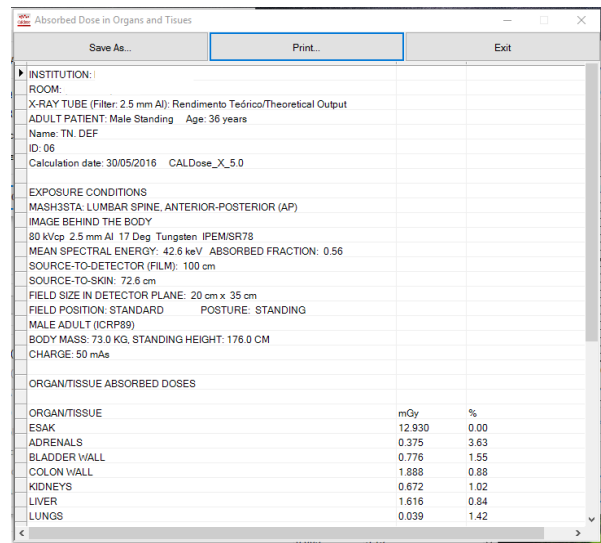
Gambar 5. Klik *Calculate Dose* untuk memulai proses penghitungan dosis

h) Pilih options **ABSORBED DOSE (INAK, ESAK, AKAP)** dan pilih **ESAK – Entrance Surface Air Kerma (mGy)**, lalu klik *Calculate Organ and Tissue Absorbed Doses...*



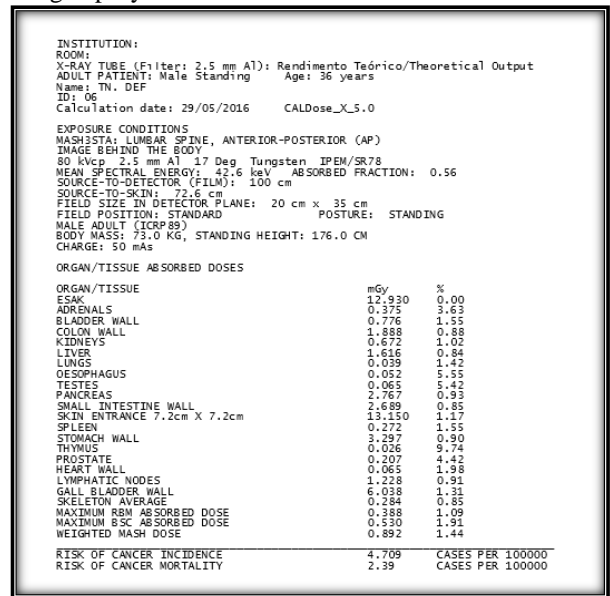
Gambar 6. Opsi menghitung dosis serap

i) Muncul tampilan *Absorbed dose in organ and tissues*, klik print untuk cetak hasil pengukuran



Gambar 7. Menu simpan atau cetak hasil pengukuran

j) Hasil pengukuran sudah menunjukkan data-data: ESAK, dosis ke organ dan jaringan, serta angka risiko terkena kanker dan angka kematian akibat kanker hasil penyinaran dengan proyeksi tersebut.



Gambar 8. Hasil print out pengukuran dosis pasien

Telah dilakukan pengukuran dosis radiasi beberapa pemeriksaan radiodiagnostik berdasarkan data faktor eksposi yang tercantum dalam tabel faktor eksposi pesawat sinar-X di laboratorium Jurusan Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi (JTRR). Hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Pengukuran ESAK Pesawat Sinar-X Lab 2 JTRR

No.	Nama Proyeksi	kV	mAs	FFD	Bucky	ESAK (mGy)
1	Thoraks PA	60	8	200	+	0,22
2	Abdomen Dewasa AP	80	35	100	+	9,01
3	Kepala AP	70	15	100	+	2,39
4	Kepala AP (grid)	68	20	100		3,01
5	Lumbal AP	70	15	100	+	3,03
6	Pelvis AP	63	15	100	+	2,58
7	Thorakal AP	67	15	120		1,71

Tujuh contoh pengukuran di atas merupakan proyeksi yang terdapat dalam panduan dosis BAPETEN, sehingga nantinya akan dapat kita bandingkan. Proyeksi lumbal lateral dan thorakal lateral tidak terdapat dalam menu pilihan pada CALDose_X sehingga tidak ada hasil yang ditampilkan.

Tabel 2. Komparasi ESAK Pesawat Sinar-X Lab. 2 JTRR dengan Nilai Batas Dosis BAPETEN

No.	Nama Proyeksi	ESAK (mGy)	Bapeten	Keterangan
1	Thoraks PA	0,22	0,4	memenuhi
2	Abdomen Dewasa AP	9,01	10	memenuhi
3	Kepala AP	2,39	5	memenuhi
4	Kepala AP (grid)	3,01	5	memenuhi
5	Lumbal AP	3,03	10	memenuhi
6	Pelvis AP	2,58	10	memenuhi
7	Thorakal AP	1,71	7	memenuhi

Hasil pengukuran tujuh proyeksi yang dilakukan di laboratorium JTRR, menunjukkan nilai ESAK yang memenuhi nilai batas dosis (NBD) BAPETEN. Hal ini berarti pada pemilihan faktor eksposi pada proyeksi tersebut sudah dianggap aman bagi pasien. Meskipun demikian, mahasiswa tetap perlu memperhatikan semua faktor eksposi harus dikonfirmasi dengan kualitas citra yang dihasilkan. Sehingga faktor eksposi yang diperhitungkan dosisnya adalah telah memenuhi standar kualitas citra, dan tidak menurunkan kemampuan diagnostiknya.

DISKUSI

Association for Education and Communication Technology (AECT) mendefinisikan media yaitu segala bentuk yang dipergunakan untuk suatu proses penyaluran informasi. Sedangkan *The National Education Association* (NEA) mendefinisikan sebagai benda yang dapat dimanipulasi, dilihat, didengar, dibaca atau dibicarakan beserta instrumen yang dipergunakan dengan baik dalam kegiatan belajar mengajar, serta dapat mempengaruhi efektifitas program instruksional⁽⁵⁾. Media pembelajaran yang menarik, mudah dipergunakan dan memenuhi konten pembelajaran, akan memudahkan mahasiswa dalam memahami materi dan target capaian kompetensi akan dapat tercapai.

Ketepatan pemilihan faktor eksposi dalam menghasilkan citra yang berkualitas, dan dosis radiasi yang minimal, merupakan kualitas yang diharapkan muncul pada diri seorang radiografer. Sebagai tenaga kesehatan profesional, radiografer harus memahami landasan prinsip proteksi radiasi bagi pasien. Di lingkungan kerja, Radiografer, Radiolog dan Fisikawan Medis memiliki peran penting dalam pengurangan dosis dan keamanan radiasi bagi pasien. Selain itu, sebagai radiografer harus memahami bahwa pendekatan kerjasama tim dengan prinsip justifikasi dan optimasi adalah menunjang keberhasilan pemeriksaan radiografi pada setiap pasien⁽⁶⁾.

Beberapa negara telah memiliki batasan dosis radiasi diagnostik atau DRL (*Diagnostic Reference Level*) pada berbagai jenis penyinaran sinar-X radiodiagnostik disesuaikan dengan kondisi praktek radiologi di negara tersebut. Indonesia juga telah memiliki batasan level dosis permukaan kulit pasien diagnostik sesuai dengan Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 8 Tahun 2011 tentang Keselamatan Radiasi dalam Penggunaan Pesawat Sinar-x Radiologi Diagnostik dan Intervensial.

Hasil penelitian di berbagai lembaga internasional dan beberapa negara maju menunjukkan bahwa dosis radiasi pasien radiodiagnostik bervariasi di beberapa departemen radiologi. Muncul pertanyaan apakah dibenarkan satu departemen radiologi menggunakan dosis paparan yang jauh lebih besar daripada yang digunakan oleh departemen-departemen radiologi lain untuk menghasilkan citra radiografi yang relatif sama baiknya. Jawabannya tentu saja sebaiknya tidak, karena pasien berhak mendapatkan perlindungan untuk mendapatkan dosis radiasi yang tidak berlebihan. Oleh sebab itu, muncullah suatu konsep tingkat panduan dosis radiodiagnostik yang dinamakan *diagnostic reference level* (DRL) dengan maksud menegakkan prinsip optimasi pemanfaatan radiodiagnostik yang disesuaikan dengan kondisi praktek radiologi di suatu wilayah atau negara. Berbeda dengan batasan dosis pekerja radiasi dan publik yang merupakan keharusan, DRL lebih bersifat anjuran atau *advisory*⁽⁷⁾.

DRL merupakan batasan dosis (*benchmark*) bukan batasan rentang dosis minimal-maksimal. Jika dosis yang diberikan terhadap pasien di suatu rumah sakit secara konsisten lebih besar daripada DRL di negaranya, maka departemen radiologi harus mengkaji ulang teknik penyinaran, menyelidiki mengapa paparan berada di atas DRL dan mengambil tindakan korektif. Jika dosis yang diberikan dengan tanpa mengurangi kualitas citra secara konsisten berada di bawah DRL, maka hal ini menandakan bahwa departemen radiologi telah melakukan optimasi yang baik sehingga memberikan jaminan keselamatan bagi pasien⁽⁷⁾.

Ada beberapa pendekatan yang dapat dilakukan dalam penentuan DRL, sebagai contoh di Amerika studi penentuan DRL dilakukan dengan cara pengambilan data ESD pada phantom, sementara di Inggris penentuan DRL dilakukan dengan cara pengambilan data ESD langsung pada pasien. Nilai DRL yang direkomendasikan oleh IAEA diadopsi oleh Indonesia dengan nama tingkat panduan dosis radiodiagnostik

melalui Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 8 Tahun 2011, dan dapat dilihat pada Tabel 3.

Ketentuan batasan dosis pasien ini wajib dipahami mahasiswa calon radiografer, agar kelak saat dia menjalankan tugas profesionalnya, prinsip keselamatan radiasi menjadi budaya saat bekerja.

Tabel 3. Tingkat Panduan Dosis Radiografi Diagnostik untuk Pasien Dewasa berdasar perka BAPETEN Nomor 8 Tahun 2011

No.	Jenis Pemeriksaan	Posisi Pemeriksaan **	Dosis Permukaan Masuk per Radiografi (mGy)
1.	Lumbal (Lumbal Spine)	AP LAT LSJ	10 30 40
2.	Abdomen, Intravenous Urography, dan Cholecystography	AP	10
3.	Pelvis	AP	10
4.	Sendi Panggul (Hip Joint)	AP	10
5.	Paru (Chest)	PA LAT	0,4 1,5
6.	Torakal (Thoracic Spine)	AP LAT	7 20
7.	Gigi (Dental)	Periapical AP	7 5
8.	Kepala (Skull)	PA LAT	5 3

* Di dalam udara dengan hamburan balik. Nilai-nilai tersebut adalah untuk kombinasi *film-screen* konvensional dalam kecepatan relatif 200. Untuk kombinasi *film-screen* kecepatan tinggi (400 - 600), nilai-nilai tersebut hendaknya dikurangi dengan faktor 2 - 3.

** PA : postero-anterior, AP : antero-posterior, LAT : lateral, LSJ : lumbo sacral joint.

CALDose_X merupakan perangkat lunak yang tidak berbayar, yang dapat diunduh di www.caldose.org. Saat ini versi yang dapat diunduh adalah versi 5.0. Perangkat lunak ini mampu melakukan kalkulasi dosis insiden (*incident air kerma*) berbasis output parameter tabung pesawat sinar-X dan mendapatkan nilai *entrance surface air kerma* (ESAK) dengan mengalikan dosis insiden dengan *backscatter factor*, sehingga diperoleh dosis serap jaringan dan organ berdasarkan perhitungan dengan phantom khusus yang telah didesain sedemikian rupa sehingga menyerupai kondisi pasien pada pemeriksaan radiodiagnostik. Fitur tambahan perangkat lunak ini adalah mampu menentukan seberapa besar angka risiko insiden kanker dan angka risiko kematian karena kanker sebagai akibat dari penyinaran atau paparan pemeriksaan radiodiagnostik⁽³⁾.

Beberapa studi telah memanfaatkan CALDose_X sebagai alat bantu untuk estimasi dosis pasien pada pemeriksaan radiodiagnostik, seperti di Sudan⁽⁸⁾, Nigeria⁽⁹⁾, Ghana⁽¹⁰⁾, Irak⁽¹¹⁾, dan Malaysia⁽¹²⁾. Hasil studi-studi tersebut menyatakan bahwa perangkat ini dapat digunakan untuk estimasi dosis efektif yang diterima pasien saat menjalani pemeriksaan radiologi diagnostik.

Dapat kita peroleh keuntungan menggunakan CALDose_X sebagai media pembelajaran yakni mendapat estimasi dosis radiasi pasien (ESAK) tanpa perlu menggunakan alat ukur radiasi, program ini tidak berbayar dan dapat melakukan

penghitungan beberapa variasi pemeriksaan radiodiagnostik di unit Radiologi.

Adapun kekurangan program ini adalah tidak dapat melakukan pengukuran pada pasien usia kurang dari 20 tahun dan lebih dari 80 tahun, serta bila faktor eksposi yang kita gunakan ada yang lebih kecil atau lebih besar dari rentang yang diatur *default* pada perangkat lunak tersebut. Selain itu, faktor kV, mAs, FFD, kecukupan filter tabung dan program proteksi radiasi di suatu unit radiologi, akan mempengaruhi ketepatan dosis pasien. Setidaknya parameter-parameter tersebut harus dipastikan memenuhi standar uji kesesuaian pesawat sinar-X, agar input nilai yang dimasukkan ke dalam perangkat lunak menjadi akurat.

Bagi pengajar institusi pendidikan, perlu melakukan kajian media pembelajaran, sebagai bagian dari suatu program pembelajaran, dengan memperhatikan aspek kebenaran bahan ajar, ketepatan antara program dengan populasi pengguna, kesederhanaan program, efisiensi penggunaan dan reliabilitas. Kelima komponen ini dapat menjadi indikator dalam menilai suatu media pembelajaran apakah sudah tepat dipergunakan dalam mencapai target kompetensi tertentu.

Pemanfaatan perangkat lunak CALDose_X versi 5.0 ini dapat digunakan untuk membekali mahasiswa dalam pembelajaran terkait pengukuran dosis radiasi, upaya justifikasi dan optimasi pemeriksaan radiografi serta keselamatan radiasi secara umum.

SIMPULAN

Perangkat lunak CALDose_X versi 5.0 dapat dipakai untuk kalkulasi dosis insiden (*incident air kerma*) pemeriksaan radiografi berbasis output parameter tabung pesawat sinar-X. Seluruh hasil pengukuran dosis radiasi (ESAK) dari sampel pemeriksaan radiodiagnostik di laboratorium JTRR Poltekkes Kemenkes Semarang adalah memenuhi nilai batas dosis yang ditetapkan oleh Bapeten. Perangkat lunak ini dapat diusulkan untuk dipergunakan sebagai media pembelajaran dalam melatih mahasiswa dalam memperkirakan dosis serap pada organ dan jaringan lunak, dosis efektif dan risiko kanker akibat penyinaran sinar-X pada pemeriksaan radiodiagnostik. Mahasiswa dapat memiliki bekal pemahaman yang cukup tentang pengukuran dosis radiasi, upaya justifikasi dan optimasi pemeriksaan radiografi serta keselamatan radiasi secara umum.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad A. Media Pengajaran. 3 ed. (Jakarta: Raja Grafindo Persada; 1997.
- Fazakerley J, Ofori E, Scutt D, Ward M, Moores BM. Patient Dose Audit of Radiology Departments Across Ghana. 2016;(May):1-2.
- ISRRRT. World Radiography Day 2018 President's Message. 2018; Tersedia di: <https://www.isrrt.org/blog/world-radiography-day-2018-president's-message>
- Inyang SO, Essien IE, Antia AD. Entrance Surface Air Kerma for Chest X-ray Examination in some Diagnostic Radiologic Facilities in Akwa Ibom State, Nigeria. 2015;48(9):4-8.
- Kramer R, Khoury HJ, Vieira JW. CALDose_X: a software for the calculation of absorbed dose to radiosensitive organs and for the assessment of radiological risks for patients submitted to X-ray radiography CALDose_X: um software para calcular dose absorvida em órgãos radiosensíveis. 2010;4(2):55-
- Moey SF, Shazli ZA. Optimization of Dose and Image Quality in Full-field

- Digital and Computed Radiography Systems for Common Digital Radiographic Examinations. Iran J Med Phys [Internet]. 2018;15(February):28–38. Tersedia di: http://ijmp.mums.ac.ir/article_9546_14a4845c6be4ffd83b1a2c4a21dc3d2f.pdf
- Manuaba IB. Pengukuran Entrance Surface Dose (ESD) pada Pemeriksaan Dada Computed Radiography (CR) dengan Beberapa Metoda Pengukuran. Universitas Indonesia; 2010.
- Sugiyono. Metode Penelitian Administrasi. Bandung: Alfabeta; 2001.
- Seeram, Euclid, Brennan, Patrick C. Diagnostic reference levels in radiology [Internet]. 2006. Tersedia di: http://www.entrepreneur.com/tradejournals/article/146630002_1.html.
- Suliman II, Al-Jabri AJ, Badawi AA, Halato MA, Alzimami K, Sulieman A, Usman B and A. Media Pembelajaran. 11 ed. Jakarta: Ciputat Pres; 2002. Radiation dose and cancer risk in patients undergoing multiple radiographs in intravenous urography X-ray examinations. Radiat Phys Chem [Internet]. November 2014;104:272–5. Tersedia di: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0969806X13006658>
- Yacoob HY, Mohammed HA. Assessment of patients X-ray doses at three government hospitals in Duhok city lacking requirements of effective quality control. J Radiat Res Appl Sci [Internet]. 2017;10(3):183–7. Tersedia di: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1687850716300875>