

## ESTIMASI DOSIS RADIASI PERMUKAAN KULIT PADA PEMERIKSAAN RADIOLOGI DENGAN APLIKASI AHD RAD BERBASIS WEB

Sudibyo Dwi Saputro<sup>1)</sup>, Arif Fahmi<sup>2)</sup>, I Wayan Ari Makmur<sup>3)</sup>, Nurul Qomariyah<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup>Instalasi Radiologi, Rumah Sakit dr Soedjono, Magelang, Provinsi Jawa tengah, Indonesia

<sup>2)</sup>Bidang Penunjang, Rumah Sakit Umum Daerah Provinsi NTB, Mataram, Indonesia

<sup>3)</sup>Instalasi Radioterapi, Rumah Sakit Umum Daerah Provinsi NTB, Mataram, Indonesia

<sup>4)</sup>Program Studi Fisika, FMIPA, Universitas Mataram, Mataram, Indonesia

Corresponding author : Sudibyo Dwi Saputro

E-mail : sudibyorsumgl@gmail.com

Diterima 02 September 2021, Disetujui 01 Oktober 2021

### ABSTRAK

Dosis radiasi Sinar-X pada pemeriksaan radiologi dihitung berdasarkan dosis permukaan kulit yang diterima pasien. Hal tersebut dilakukan sebagai evaluasi terhadap pemberian dosis radiasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem aplikasi berbasis web dalam menghitung estimasi dosis radiasi permukaan kulit pasien yang diberi nama AHD Rad. Metode penelitian dilakukan dengan desain rancangan pengembangan, dan pengambilan data berupa nilai faktor eksposi. Dilakukan uji komparasi dosis radiasi antara AHD Rad dan software CALDose\_X versi 5.0. Perhitungan dosis radiasi pada AHD Rad menggunakan pendekatan matematis dan fisika merujuk kepada Technical Report Series International Atomic Energy Agency (TRS IAEA) 457 tahun 2007. Data nilai faktor eksposi dengan parameter tegangan tabung (kV), arus tabung (mAs) dan jarak tabung ke film (FFD) yang sama, di masukkan melalui aplikasi CALDose\_X versi 5.0 dan AHD Rad. Jumlah data sebanyak 50 dengan pengambilan data secara random sampling pada pemeriksaan radiografi umum. Pengolahan data menggunakan SPSS 11. Uji komparasi dilakukan dengan margin error 5 % dengan tingkat kepercayaan 95 %. Hasil menunjukkan nilai tidak terdapat perbedaan signifikan pada uji komparasi yang dilakukan pada aplikasi AHD Rad dengan CALDose\_X versi 5.0. Sehingga aplikasi AHD Rad dapat dipergunakan dalam estimasi dosis radiasi pasien.

**.Kata kunci:** Dosimetri; Dosis Radiasi Permukaan Kulit; AHD Rad

### ABSTRACT

X-ray radiation dose in a radiological examination is calculated based on the skin surface dose received by the patient. This is done as an evaluation of the radiation dose. This study aims to develop a web-based application system for calculating the estimated dose of radiation to the patient's skin surface, which is named AHD Rad. The research method was carried out with a development design and data collection in exposure factor values. A comparative test of radiation dose was conducted between AHD Rad and CALDose\_X software version 5.0. Calculation of radiation dose on AHD Rad using mathematical and physical approaches refers to the Technical Report Series International Atomic Energy Agency (TRS IAEA) 457 in 2007. Exposure factor value data with tube voltage parameters (kV), tube current (mAs), and tube distance to film (FFD), entered through the CALDose\_X application version 5.0 and AHD Rad. The number of data is 50 by taking data by random sampling on general radiographic examination. Data processing using SPSS 11. The comparison test was carried out with a margin of error of 5% with a 95% confidence level. The results show no significant difference in the comparison test carried out on the AHD Rad application with CALDose\_X version 5.0 so that the AHD Rad application can be used to estimate the patient's radiation dose.

**Keywords:** Dosimetry; Skin Surface Radiation Dose; AHD Rad.

### PENDAHULUAN

Sinar-X bermanfaat untuk menghasilkan gambar yang dipergunakan dalam penegakan diagnosa medis, namun juga menyimpan potensi efek negatif yang dapat ditimbulkan (Dianasari & Koesyanto, 2017). Sinar-X merupakan jenis radiasi pengion, dapat memberikan efek berupa kerusakan sel melalui

terbentuknya ion radikal bebas memicu terjadinya mutasi DNA atau sel (Dianasari & Koesyanto, 2017)(Jones et al., 2012). Mutasi DNA atau sel, merupakan awal terbentuknya kelainan pada jaringan organ dan berpotensi memunculkan penyakit seperti kanker. Oleh karena itu perlunya penerapan prinsip optimasi dalam memberikan dosis radiasi medis kepada

pasien untuk menghindari potensi munculnya efek negatif.

Dasar hukum atau rujukan yang dijadikan landasan pentingnya memperhatikan dosis radiasi pasien adalah Peraturan Pemerintah No 33 tahun 2007 tentang Keselamatan Radiasi Pengion Dan Keamanan Sumber Radioaktif pasal 33 ayat 2 menjelaskan bahwa "Setiap pekerja, pasien, pendamping pasien, dan/atau orang lain yang berhubungan dengan radiasi wajib memakai pemantau dosis perorangan dan peralatan protektif Radiasi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 31 ayat (2) huruf b dan huruf d" (Undang-Undang No. 33 Tahun 2007 Tentang Keselamatan Radiasi Pengion Dan Keamanan Sumber Radioaktif, 2007). Secara jelas termaktub bahwa pasien memakai pemantau dosis perorangan dalam hal ini harus teridentifikasi berapa dosis yang diterima oleh pasien. Sejalan dengan Standar Penilaian akreditasi rumah sakit versi SNARS pada Asessmen Pasien (AP 6.3.1) bahwa salah satu penilaian dalam akreditasi rumah sakit adalah identifikasi maksimum dosis radiasi pasien (KARS, 2017). Sedangkan nilai tingkatan dosis maksimum dosis radiasi pasien permukaan kulit dituangkan dalam pedoman DRL Bapeten.

Estimasi dosis pasien dapat diidentifikasi menggunakan DAP atau KAP. Dose Area Product (DAP) adalah kuantitas yang digunakan dalam menilai risiko radiasi dari prosedur pemeriksaan sinar-X diagnostik dan intervensional. Ini didefinisikan sebagai dosis yang diserap dikalikan dengan area yang disinari, dinyatakan dalam satuan Gy·cm<sup>2</sup>. Sedangkan Kerma Area Product (KAP) adalah bagian integral dari kerma udara bebas di atas luas berkas sinar-x pada bidang yang tegak lurus terhadap sumbu berkas, dimana untuk semua tujuan proteksi radiasi praktis KAP disetarakan dengan DAP (Kim et al., 2009). Selain itu, pada modalitas intervensional umumnya sudah dilengkapi dengan indikator dosis pada layar monitor konsol berupa laju kerma udara atau KAP atau *peak skin dose*. Indikator tersebut dapat digunakan untuk mengidentifikasi perkiraan dosis pasien. Jika belum ada fitur indikator dosis, maka dapat menggunakan data keluaran radiasi (*radiation output*) dari hasil uji kesesuaian atau uji kalibrasi didukung dengan parameter eksposi (kondisi penyinaran) kV, mAs, Focus Film Distance (FFD), Focus Skin Distance (FSD), dan Luasan bidang sinar-X pada citra (Bapeten, 2019).

Sejalan dengan BAPETEN bahwa dosimetri pasien dapat dilakukan secara langsung atau tidak langsung. Pengukuran secara langsung dilakukan dengan menggunakan alat TLD

(*thermoluminescent dosimeter*) yang membutuhkan biaya dan anggaran besar dalam penggunaannya. Sedangkan metode pengukuran tidak langsung dilakukan dengan melakukan pendekatan matematis fisika dalam pengukurannya. Metode pengukuran secara langsung dan tidak langsung dijelaskan dalam Technical Report Series International Atomic Energy Agency (International Atomic Energy Agency, 2007).

Dosimetri radiasi menjadi area penting sebagai bagian dari instalasi radiologi, formulasi dan prosedur pengukuran untuk dosimetri radiologi yang distandarisasi melalui kode praktik internasional yang menjelaskan metodologi yang diperlukan dengan pengukuran kerma udara dari perangkat sinar-X dalam kondisi yang ditentukan (Petoussi-Hens et al., 1998). Pentingnya pengukuran dan pendokumentasian dosis radiasi menjadi latar belakang dibangunnya aplikasi AHD Rad yang diintegrasikan dengan SIM RS serta menggunakan metodologi internasional IAEA TRS 457 melalui perhitungan kerma udara dan perhitungan fisika matematis. Selain itu kelebihan dari AHD Rad yang telah terhubung dengan server RS, adalah identitas pasien berupa nomor RM, nama, tanggal lahir, alamat menjadi sinkron dan dapat terhindar dari pengulangan pengetikan identitas pasien dan mengurangi kesalahan pengetikan. Selain itu pelaporan dan rekam dosis pasien dapat dengan mudah diakses, termasuk menggunakan android.

Sebagai bahan referensi dan perbandingan, penulis menggunakan komparasi dengan hasil perhitungan dosimetri menggunakan CALDose\_X versi 5.0. CALDose\_X versi 5.0 adalah software yang dibuat oleh 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 (Meghzi et al., 2010).

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini adalah dengan membuat aplikasi komputer berbasis web yang terintegrasikan dengan SIM RS, untuk menghitung estimasi dosis radiasi permukaan pasien pada pemeriksaan radiologi. Formulasi dan prosedur pemeriksaan dilakukan berdasarkan kode praktik internasional dosimetri IAEA TRS 457. Teknik pengumpulan data dilakukan dengan mengumpulkan data variasi faktor eksposi berupa nilai tegangan tabung (kV), arus tabung (mAs), dan jarak tabung ke pasien (FFD). Data kuantitatif yang diperoleh berupa informasi data

variasi nilai faktor eksposi pada beberapa jenis pemeriksaan. Selanjutnya nilai faktor eksposi tersebut dimasukkan ke dalam aplikasi AHD Rad dan CALDose\_X versi 5.0.

Secara matematis, perhitungan dosis radiasi AHD Rad, sebagai berikut (Bapeten, 2019) :

$$K_e = K_i \times BSF \quad (1)$$

$K_e$  = entrance surface air kerma

$K_i$  = incident air kerma

BSF = backscatter factor

Sedangkan nilai  $K_i$  diperoleh dari

$$K_i = Y(d) P_{It} \left( \frac{d}{d_{FTD} - tp} \right) \quad (2)$$

$$FSD = d_{FTD} - tp \quad (3)$$

Dari persamaan (2) dan (3) didapatkan

$$K_i = Y(d) P_{It} \left( \frac{d}{FSD} \right) \quad (4)$$

Dengan  $Y(d)$  = keluaran sinar-X dari tabung pada jarak  $d$   
 $d$  = jarak pengukuran keluaran sinar-X tabung  
 $P_{It}$  = faktor eksposi tabung sinar-X dalam pemeriksaan  
 $d_{FTD}$  = jarak fokus tabung ke image receptor (film atau detektor)  
 $tp$  = ketebalan objek pasien diperiksa  
 $FSD$  = Jarak fokus tabung ke permukaan kulit pasien

**Tabel 1.** Data Penelitian Pada Jenis Pemeriksaan Radiologi AHD Rad

N o	Pemeriksaan	Proyeksi	FSD	Ukuran Kolimasi
1	Thorax		160	35 x 35
2	Thorax	LAT	150	35 x 43
3	Abdomen	AP/PA	80	35 x 43
4	Shoulder	AP	75	18 x 24
5	Cranium	AP/PA	80	24 x 30
6	Femur	AP	75	25 x 43
7	Lumbal	AP/PA	70	25 x 43
8	Pelvis	AP/PA	80	35 x 43
9	Thorakal	AP/PA	80	25 x 43
10	Sacrum	AP/PA	80	18 x 24
11	Clavicula	AP	75	18 x 24
12	Cervical	AP/PA	80	18 x 24
13	Colon inloop	AP/PA	75	35 x 43
14	Humerus	AP	75	24 x 30

Untuk *backscater factor* diperoleh dengan melakukan interpolasi data dari tabel *backscater factor* berdasarkan referensi (Bapeten, 2019)(Kramer et al., 2008). Nilai FSD pada AHD Rad mengacu pada data sesuai dengan proyeksi pemeriksaan radiografi yang dilakukan oleh Richard Kramer dkk pada saat penelitian software CALDose\_X versi 5.0 (Priyastama, 2017)(Meghzifene et al., 2010). Data pada perhitungan dosis radiasi dilakukan untuk jenis pemeriksaan radiologi dapat dilihat pada tabel 1.

Analisa data dilakukan perbandingan aplikasi AHD Rad dengan aplikasi komputer CALDose\_X versi 5.0 sebagai salah satu software yang telah diakui sebagai software dalam pengukuran dosis radiasi, untuk mengetahui nilai signifikan kedua aplikasi perhitungan dosis radiasi tersebut. Pengolahan data menggunakan program SPSS 16 . Pengolahan data diawali dengan melakukan normalisasi data dengan Interpretasi Hasil Uji Normalitas Kolmogorov-Smirnov, untuk melihat apakah data sampel yang digunakan berdistribusi normal. Selanjutnya data yang berdistribusi normal dilakukan uji T Score (Uji Perbandingan Independent Sampel Test), dengan hipotesa penelitian.

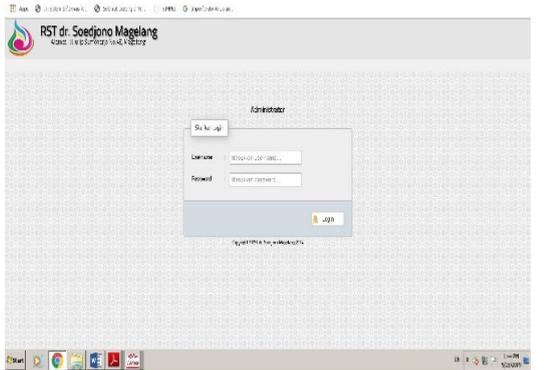
$H_0$  : Tidak ada perbedaan signifikan hasil dosis radiasi pada perhitungan menggunakan CALDose\_X versi 5.0 dengan AHD Rad Web Versi 1.0. Syarat Jika nilai sig.( 2-tailed) > 0,05 maka  $H_0$  diterima dan  $H_a$  ditolak, yang berarti tidak ada perbedaan signifikan.

$H_a$  : Ada perbedaan signifikan hasil dosis radiasi pada perhitungan menggunakan CALDose\_X versi 5.0 dengan AHD Rad. Syarat jika nilai sig.( 2 tailed) < 0.05 maka  $H_0$  ditolak dan  $H_a$  diterima, yang berarti ada perbedaan signifikan.

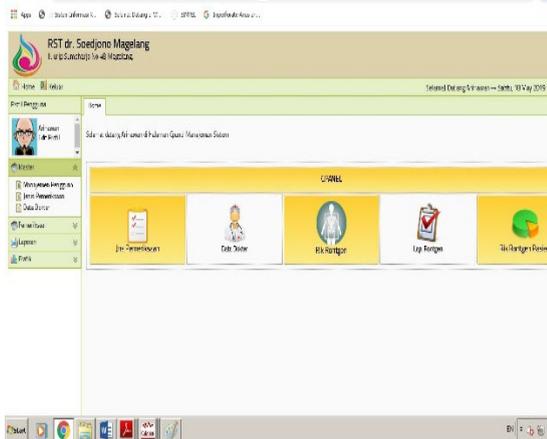
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengembangan aplikasi perhitungan dosis radiasi pasien dilakukan dengan membangun aplikasi AHD Rad yang diintegrasikan dengan data base pasien di RST dr Soedjono Magelang. Penelitian mengikutsertakan tenaga IT yang bekerja di RST untuk mengembangkan interface AHD Rad dengan program PHP dengan memasukan data base dan rumus perhitungan estimasi dosis radiasi.

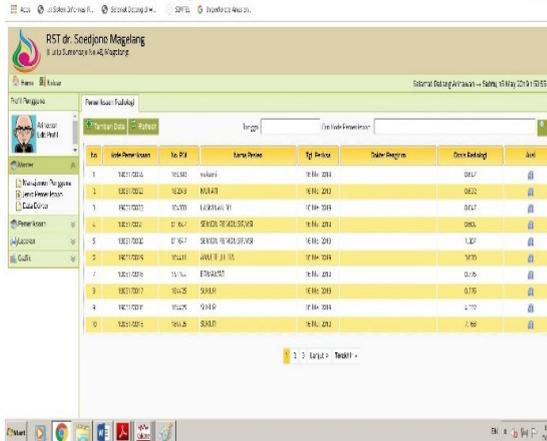
Hasil interface dimulai dari menu login untuk masuk kedalam sistem, fitur tampilan pada aplikasi AHD Rad yang telah dibuat dapat dilihat pada Gambar 1.



a. menu login AHD Rad



b. Tampilan Menu AHD Rad

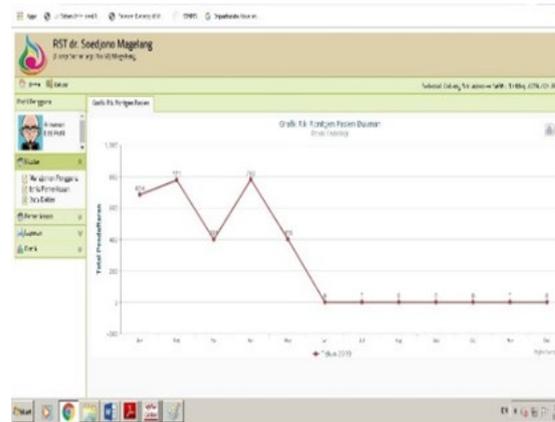


c. Tampilan Entry Dosis Radiasi AHD Rad

Laporan Rik Radiologi Pasien

No	No. Rekam Medis	Nama Pasien	Jk	Indikator Radiasi	Tgl. Pemeriksaan	Jml. pemeriksaan	Kv	mAs	FFD	Jml. Pemeriksaan	Isak	ISF	Dosis
1	180540002	082822	MUSLAKAH	P	1975-03-14	1	100	100	100	1	0,475	1,361	0,612
2	180540002	115807	MULIANI, NP	P	1975-03-14	1	120	120	120	1	0,484	1,361	0,632
3	180540002	184309	MULIYANTI, S	P	1975-03-14	1	100	100	100	1	0,483	1,361	0,631
4	180540002	117036	SETHA, RIZKA	P	1975-03-14	1	100	100	100	1	0,484	1,361	0,632
5	180540002	184343	TRIPHO ELANIE T	L	1975-03-14	1	100	100	100	1	0,484	1,361	0,632
6	180540012	182219	JURP	P	1975-03-14	1	100	100	100	1	0,483	1,361	0,631
7	180540011	182219	JURP	P	1975-03-14	1	100	100	100	1	0,483	1,361	0,631
8	180540012	182852	MESDIYANTI	P	1975-03-14	1	100	100	100	1	0,484	1,361	0,632
9	180540013	122389	AGUNG, MANSURUSMAN, NP	P	1942-03-02	1	100	100	100	1	0,475	1,361	0,612
10	180540014	122389	AGUNG, MANSURUSMAN, NP	P	1942-03-02	1	100	100	100	1	0,475	1,361	0,612
11	180540015	091738	SRI YSA-HUFRISTYANI, L	L	1975-03-14	1	100	100	100	1	0,475	1,361	0,612
12	180540016	022738	SRI YSA-HUFRISTYANI, L	L	1975-03-14	1	100	100	100	1	0,475	1,361	0,612
13	180540017	022738	SRI YSA-HUFRISTYANI, L	L	1975-03-14	1	100	100	100	1	0,475	1,361	0,612
14	180540018	184222	DIWI, MURHOROJANI, L	L	2001-08-01	1	100	100	100	1	0,475	1,361	0,612

d. Tampilan Report Radiasi AHD Rad



e. Tampilan Grafik AHD Rad Versi

**Gambar 1.** Fitur Tampilan pada Program Aplikasi AHD Rad

Telah dibuat aplikasi perhitungan dosis permukaan kulit pada pasien pemeriksaan radiologi berbasis web yang di sebut AHD Rad di RST dr.Soejono Magelang. Penggunaan AHD Rad sama dengan CALDose\_X versi 5.0 yaitu dengan menginputkan nilai parameter faktor eksposi berupa tegangan tabung (kV), arus tabung dan waktu eksposi (mAs) serta FFD yang dipergunakan radiografer selama melakukan pemeriksaan pasien. Faktor eksposi inilah yang selanjutnya akan dilakukan perhitungan secara komputerisasi dan selanjutnya menghasilkan nilai dari dosis radiasi permukaan kulit pasien.

**Tabel 2.** Nilai Uji Normalitas Kolmogorov-Smirnov Untuk AHD Rad dan CALDose\_X versi 5.0

Kelompok	Kolmogorov-Smirnov		
	Statistik	Df	Sig
Data CALDose_X versi 5.0	0,84	50	0,200
Data AHD Rad Web	0,83	50	0,200

Sumber data: output SPSS 16 diolah tahun 2021

Sebelum dilakukan uji T Score pada kedua data ESAK (dosis radiasi) CALDose\_X versi 5.0 dengan AHD Rad, dilakukan terlebih dahulu uji normalisasi dengan menggunakan SPSS metode Kolmogorov-Smirnov dengan tujuan untuk menentukan apakah data dapat dilakukan apakah data dapat dilakukan uji parametrik atau non parametrik. Jika data menunjukkan hasil normal (data parametrik) maka selanjutnya dapat dilakukan uji parametrik dengan uji T Score.

**Tabel 3.** Uji Perbandingan t Test Independent Sampel Test CALDoseX-5 dan AHD Rad

Data	N	Levene Test of Variance Sig	T Value	Sign. (2-tailed)
CALDose_X versi 5.0	50	0,454	0.171	0,865
AHD Rad	50			

Pada tabel 2 hasil uji normalitas menunjukkan pada CALDose\_X versi 5.0 dengan AHD Rad dengan nilai 0,200. Hasil tersebut menunjukkan signifikan untuk kelompok tersebut  $> 0.05$ , maka sebagaimana dasar pengambilan keputusan dalam uji normalitas Kolmogorov-Smirnov di atas, dapat disimpulkan bahwa data hasil dosis radiasi pasien untuk CALDose\_X versi 5.0 dan AHD Rad adalah berdistribusi normal.

Hasil pengolahan perbedaan aplikasi CALDose\_X versi 5.0 dengan AHD Rad, berdasarkan tabel output di atas menunjukkan jumlah data dosis radiasi untuk CALDose\_X versi 5.0 adalah sebanyak 50 dilihat dari nilai N. Untuk data AHD Rad juga sebanyak 50. Nilai rata-rata dosis radiasi CALDose\_X versi 5.0 adalah sebesar 3.7646, sedangkan rata-rata untuk AHD Rad adalah 3,6829. Secara deskriptif tidak banyak perbedaan nilai rata-rata pada hasil dosis radiasi penggunaan CALDose\_X versi 5.0 dengan AHD Rad. Untuk membuktikan apakah hasil deskriptif (tidak ada perbedaan) tidak signifikan (nyata) maka perlu diperhatikan output pada tabel output independent samples test pada kolom Sig.(2-tailed).

Berdasarkan output data, diketahui nilai *sig Levene's Test for Equality of Variances* adalah sebesar 0,454. Sehingga nilai  $0,454 > 0.05$  maka dapat diartikan bahwa variansi data antara dosis radiasi CALDose\_X versi 5.0 dengan AHD Rad adalah homogen atau sama (Kramer et al., 2008).

Selanjutnya berdasarkan tabel 3 output "Independence Samples Test" pada bagian "Equal variances assumed" diketahui nilai Sig.(2-tailed) sebesar  $0,865 > 0.05$ , maka sebagaimana dasar pengambilan keputusan dalam uji independent sampel t test dapat disimpulkan  $H_0$  diterima dan  $H_a$  ditolak (Kramer et al., 2008). Sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan (nyata) antara hasil dosis radiasi pada penggunaan CALDose\_X versi 5.0 dengan AHD Rad.

## SIMPULAN DAN SARAN

Telah berhasil dibuat aplikasi berbasis web yaitu AHD Rad untuk menghitung dosis permukaan pasien pada pemeriksaan radiologi Berdasarkan analisa SPSS memberikan keyakinan dengan tingkat kepercayaan 95 % margin eror 5%, bahwa hasil perhitungan dosis radiasi pada aplikasi AHD Rad signifikan dengan CALDose\_X versi 5.0 sehingga dapat dipergunakan untuk melakukan dosimetri pada pemeriksaan radiologi umum.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kami sampaikan kepada bapak Muhammad Purwanto, S.Kom sebagai tim IT yang telah turut mengembangkan sistem AHD Rad, serta radiografer instalasi radiologi RST dr Soedjono Magelang yang telah berkontribusi dalam penelitian ini.

## DAFTAR RUJUKAN

- Bapeten. (2019). *Pedoman Teknis Penyusunan Tingkat Panduan Diagnostik Atau Diagnostic Reference Level (DRL) Nasional. Pusat Pengkajian Sistem Dan Teknologi Pengawasan Fasilitas Radiasi Dan Zat Radioaktif Badan Pengawas Tenaga Nuklir.*
- Dianasari, T., & Koesyanto, H. (2017). PENERAPAN MANAJEMEN KESELAMATAN RADIASI DI INSTALASI RADIOLOGI RUMAH SAKIT. *Unnes Journal of Public Health*. <https://doi.org/10.15294/ujph.v6i3.12690>
- International Atomic Energy Agency. (2007). Technical Reports Series No. 457 Dosimetry in diagnostic radiology: an international code of practice. IAEA.
- Jones, J. G. A., Mills, C. N., Mogensen, M. A., & Lee, C. I. (2012). Radiation dose from medical imaging: A primer for emergency physicians. In *Western Journal of Emergency Medicine*. <https://doi.org/10.5811/westjem.2011.11.6804>
- KARS. (2017). Standar Nasional Akreditasi Rumah Sakit Edisi 1. *Komisi Akreditasi Rumah Sakit.*
- Kim, S., Toncheva, G., Anderson-Evans, C., Huh, B. K., Gray, L., & Yoshizumi, T. (2009). Kerma area product method for effective dose estimation during lumbar epidural steroid injection procedures: Phantom study. *American Journal of Roentgenology*. <https://doi.org/10.2214/AJR.08.1713>
- Kramer, R., Khoury, H. J., & Vieira, J. W. (2008). CALDose\_X - A software tool for the assessment of organ and tissue absorbed doses, effective dose and cancer risks in

diagnostic radiology. *Physics in Medicine and Biology*. <https://doi.org/10.1088/0031-9155/53/22/011>

Meghzifene, A., Dance, D. R., McLean, D., & Kramer, H. M. (2010). Dosimetry in diagnostic radiology. *European Journal of Radiology*.

<https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2010.06.032>

Petoussi-Henss, N., Zankl, M., Drexler, G., Panzer, W., & Regulla, D. (1998). Calculation of backscatter factors for diagnostic radiology using Monte Carlo methods. *Physics in Medicine and Biology*. <https://doi.org/10.1088/0031-9155/43/8/017>

Priyastama, R. (2017). *SPSS Pengolahan Data dan Analisis Data*. Start UP.

Undang-Undang No. 33 Tahun 2007 Tentang Keselamatan Radiasi pengion dan Keamanan Sumber Radioaktif, (2007).