

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.1.1 Estimasi Perkiraan dosis pasien

ESD (*Entrance Surface Dose*) merupakan parameter besaran yang dipakai dalam radiologi diagnostik sebagai mewakili dosis radiasi yang diterima oleh objek radiasi yaitu pasien atau *phantom* yang diukur pada permukaan objek. ESD biasanya diukur dalam mGy (*miliGray*), dosis yang diserap pada permukaan kulit pasien di tengah medan radiasi, termasuk radiasi hamburan balik dari organ subkutan.

Besaran lain yang umum digunakan adalah *Incident Air Kerma* (INAK). Perbedaan antara ESD dan INAK adalah bahwa ESD termasuk dosis radiasi hamburan balik sedangkan INAK tidak, sehingga ESD akan selalu lebih besar dari dosis insiden. Pengukuran ESD langsung dilakukan menggunakan *Thermoluminescent Dosimeter* (TLD), sedangkan pengukuran dosimetri tak langsung biasanya menggunakan hamburan balik/*backscatter*. INAK adalah dosis serap di udara yang diukur pada suatu titik di permukaan suatu benda, agak jauh dari titik fokus bidang sinar-X di pusat medan iradiasi tetapi radiasi hamburan balik telah dikecualikan. (7)

ESD merupakan parameter satuan kuantitas yang dinyatakan dalam dosis radiasi yang dapat diterima oleh pasien atau *phantom* (8). Sedangkan ESAK, merupakan pengukuran nilai kerma udara pada pertengahan sumbu penyinaran sinar-X di permukaan pasien atau *phantom*, namun ditemukan dalam jurnal sendiri banyak yang menggunakan nilai ESD (9). Pengukuran ESAK dapat dilakukan dengan tidak langsung seperti menggunakan INAK dan faktor *Backscatter* yaitu menggunakan *tube output* atau dapat dilakukan dengan secara langsung menggunakan TLD. (10)

Satuan ESD adalah j/kg atau biasa disebut dengan *Gray* (Gy). Dapat dikatakan ESD (k_c) adalah *Incident Air Kerma* (k_i) dikali dengan faktor *backscatter* (BSF). (11)

1. *Tube Output*

Tube Output merupakan fungsi tegangan (kVp) dan akan didekatkan menggunakan hubungan persamaan power (*power function*), *regresi power* digunakan

agar bisa memperlihatkan data hasil uji yang dengan laju peningkatan yang khusus (11).
Power Function sesuai dengan persamaan :

$$y = cx^b \quad (1.)$$

Keterangan =

c dan b : konstanta

x : Faktor eksposi berupa tegangan tabung setiap pasien

2. Incident Air Kerma (INAK)

INAK merupakan kerma udara berkas sinar-X insiden yang diukur di sekitar sumbu sinar pusat di lokasi pasien atau pada permukaan *phantom*. Hanya insiden radiasi pada pasien atau *phantom*, tanpa menghitung radiasi hamburan balik. Satuan: J / kg. Nama satuan kerma adalah Gray (Gy) (10)

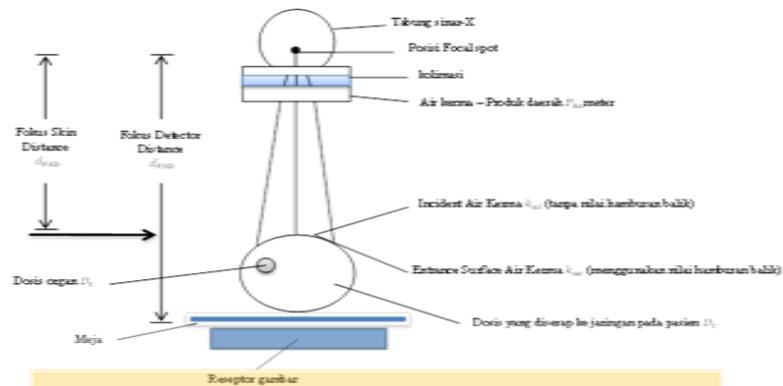
INAK diukur dari jarak dengan focus ke detektor dengan jarak 100 cm tanpa *Backscatter factor* (BSF).

Rumus untuk mencari INAK :

$$K_i = TO \times P_{lt} \times \left(\frac{FDD}{FSD \cdot FDD - TP} \right)^2 \quad (2.)$$

K_i : *Incident Air Kerma*; TO : *tube output (mGy/mAs)*; mAs : *tube loading (mAs)*;
 FDD : *Focus Detector To Distance*; FSD : *Focus To Skin Distance*, TP : *Tebal pasien*

Pada Gambar 2.1 dijelaskan FSD yaitu *Focal Spot to Surface Distance* (FSD) dapat diartikan sebagai jarak dari *focus* yaitu tabung hingga ke permukaan pasien yang dinyatakan dalam cm dan dikurangi dengan tebal badan pasien. Pada FDD pada Gambar 2.1 yaitu *Focal Spot to Image Receptor Distance* (FID) merupakan jarak dari tabung sinar-X ke image receptor yang dinyatakan dalam cm. pada INAK dan ESAK yang terlihat pada Gambar 2.1 yaitu dinyatakan pengukuran dosimteri pada pasien pada sumbu permukaan.



Gambar-2.1. Ilustrasi dosis

Sumber : telah diolah kembali (12)

3. *Entrance Surface Air Kerma (ESAK)*

Entrance surface air kerma (ESAK), K_e , adalah kerma udara yang diukur pada sumbu berkas pusat pada posisi permukaan pasien atau *phantom*. Insiden radiasi pada pasien atau phantom dan radiasi hamburan balik (BSF) diperhitungkan. Satuan: J/kg. Nama satuan kerma adalah Gray (Gy) (10). ESAK merupakan dosimetri pada pasien dalam penentuan dosis serap pada permukaan pasien dan merupakan kuantitas yang menyatakan dosis yang diterima oleh pasien atau *phantom* yang diukur pada pusat berkas utama pada pasien atau *phantom*. Untuk dapat menyatakan ESAK harus ditentukan dengan pengukuran INAK dan dengan *Back Scatter Factor (BSF)* (3)

Rumus menentukan ESAK =

$$K_e : INAK \times BSF \quad (3)$$

Sehingga dengan substitusi ke persamaan (2.) menjadi :

$$K_e : K_i \times BSF \quad (4)$$

BSF (*Back Scatter Factor*) : nilai BSF sebesar 1,35; K_i : *Incident Air Kerma*

2.1.2 Diagnostic Reference Level (DRL)

Diagnostic Reference Level (DRL) merupakan besaran dosis yang ditentukan dan menjadi acuan dalam menentukan paparan radiasi terhadap pasien untuk jenis pemeriksaan tertentu. Jika nilai dosis melebihi dosis yang ditentukan maka harus ditinjau metode dan tata laksana pemeriksaan diantaranya faktor eksposi pemberian tegangan (kV) dan arus dan waktu (mAs) serta kualitas gambar. DRL berguna untuk menghindari pemberian dosis yang tidak perlu kepada pasien. DRL dimaksudkan untuk

meningkatkan proteksi radiasi bagi pasien dengan menggunakan dosis serendah-rendahnya dengan kualitas gambar tetap optimal. Nilai DRL lokal atau pada masing-masing rumah sakit diperkirakan menggunakan nilai median atau nilai kuartil-2 (Q2). Nilai DRL nasional dapat ditetapkan menggunakan nilai kuartil ke-3 yaitu 75%. Pada Tahun 2019 BAPETEN telah mengeluarkan panduan pedoman teknis penyusunan tingkat panduan diagnostik atau *Diagnostic Reference Level* (DRL) nasional untuk Radiografi umum sebagaimana tersaji pada Tabel-2.1 di bawah ini.(13)

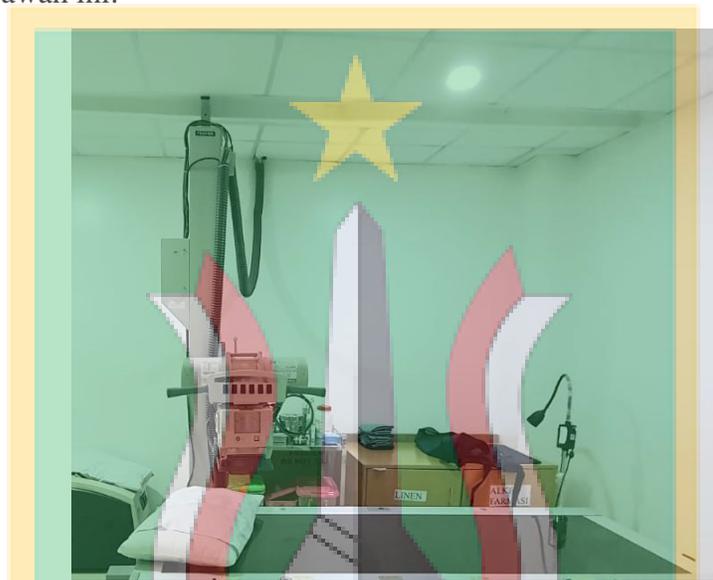
Tabel-2.1. Nilai DRL perolehan BAPETEN

Sumber :telah diolah kembali (13)

Kategori Jenis Pemeriksaan	: Pasien Bayi (Baby/Infant Patient 0-4 tahun Entrance Surafce Air Kerma, ESAK (mGy)
Dada AP	0.4
Dada PA	0.2
Kategori Jenis Pemeriksaan	: Pasien Anak-Anak (Children Patient 5-14 tahun Entrance Surafce Air Kerma, ESAK (mGy)
Dada AP	0.5
Dada PA	0.7
Extremitas atas	0.7
Kategori Jenis Pemeriksaan	: Pasien Dewasa (Adult Patient \geq15 tahun Entrance Surafce Air Kerma, ESAK (mGy)
Perut AP	2.6
Bno AP	1.8
Dada AP	0.6
Dada Lat	0.5
Dada PA	0.6
Lutut AP	0.9
Hip Joint AP	0.4
Extrimitas Bawah	0.4
Tulang Punggung AP	3.2
Tulang Punggung PA	3.7
Pedis AP	0.8
Pedis Lat	0.8
Pelvis AP	1.7
Tulang Tengkorak Lat	1.3
Tulang Tengorak PA	1.3
Thoracic Spine AP	1.5
Thoracic Spine Lat	1.9
Extrimitas Atas	0.4
Waters	1.9

2.1.3 Pesawat Sinar-X

Peralatan pesawat rontgen atau sinar-X atau adalah peralatan kesehatan yang digunakan untuk membuat diagnosis medis menggunakan sinar-X. Sinar-X yang dipancarkan dari tabung penyisipan diarahkan ke bagian tubuh yang diperiksa untuk diagnosis. Sinar-X dapat menembus bagian tubuh dan akan ditangkap oleh film untuk menampilkan gambar bagian tubuh yang ditransmisikan. Contoh pesawat sinar-X pada Gambar 2.2 dibawah ini.



Gambar-2.2. Pesawat sinar-X
Sumber : dokumen pribadi

2.1.4 Besaran dan Satuan Radiasi

Besarnya dosis radiasi yang dihasilkan tergantung pada jumlah energi radiasi yang diserap oleh bahan yang ditransmisikan. Nilai radiasi atau radiasi merupakan parameter penting dari proteksi radiasi. Angka ini mewakili kemampuan cahaya untuk membentuk ion pada waktu tertentu di udara. Kekuatan berkas radiasi dalam bentuk ion dinyatakan sebagai jumlah muatan yang terbentuk dalam volume udara dari massa gas. Satuan iluminasi adalah sinar-X, simbol R atau r.

Nilai 1 Roentgen (R) = $2,58 \times 10^{-4}$ Coulomb ekuivalen dengan penyerahan energi sebesar 86,9 erg/g udara.

1. Dosis Serap

Perubahan fisik dan biologis yang disebabkan oleh radiasi bergantung pada jumlah energi yang diserap, serta konsentrasi energi yang diserap oleh material. Konsentrasi energi yang diserap, atau jumlah energi yang diserap oleh elemen volume, diukur dengan dosis serap. Dosis diartikan: “dosis serap pada suatu bahan adalah jumlah energi yang dipancarkan oleh radiasi pengion ke bahan yang terkandung dalam partikel volumetrik di sekitar titik yang bersangkutan, dan satuan besaran di atas adalah J/kg dari materi”. Satuan International menggunakan satuan khusus Gray (Gy).

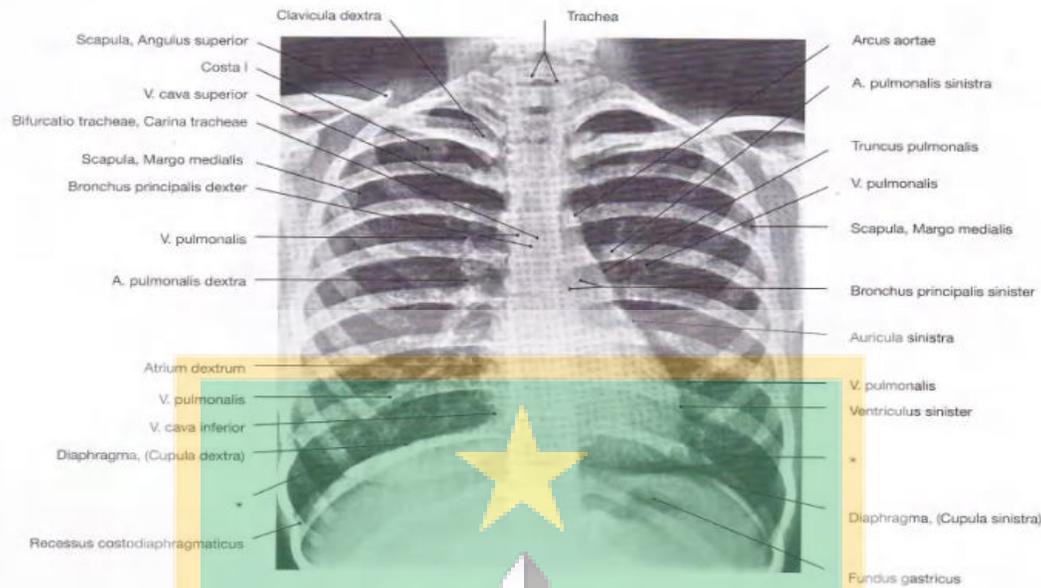
1 rad = 100 erg/g bahan atau 10^{-2} Joule/ kg bahan sehingga 100 rad = 1 Gy = 1 Joule/g. Satuan yang dipakai tergantung pada satuan waktu yang digunakan, misalnya rad/jam. (14)

2. Dosis Ekuivalen

Merupakan jumlah energi radiasi per satuan massa bahan atau media yang menyusup. Satuan umum adalah REM, Sievert (Sv). 1 Sv = 1 joule/kg = 100 rem (14)

2.1.5 Anatomi Thorax

Rongga dada atau rongga dada adalah rongga tubuh yang menaungi dan melindungi organ-organ tubuh, seperti jantung, paru-paru, dan pembuluh darah utama. Tulang rusuk dibentuk oleh tulang dada (*os sternum*) di depan, 12 tulang belakang (*vertebra toraks*) di belakang, dan 12 pasang tulang rusuk atau tulang rusuk (*os costae*) yang melapisi sisi rongga dada. Bagian-bagian dari *thorax* pada pasien pada Gambar 2.3 dibawah ini.



Gambar-2.3 Radiografi konvensional (sinar-X), panorama *thorax*

Sumber : (15)

Rongga *thorax* memiliki gambaran yang cukup tinggi karena perbedaan pada nomor susunan orang. Pada paru-paru yang memiliki banyak karbon oksida dan oksigen akan memberikan gambaran radiopaque (densitas hitam), pada daerah mediastinum memberikan gambaran radiolucant (densitas rendah) (11)

Bentuk rongga dada menyerupai kerucut, di atas dan di bawah kerucut ini terdapat bukaan yang masing-masing disebut foramen atas yaitu esofagus, trakea, beberapa pembuluh darah dan saraf, serta ventilasi. adalah pintu di bawah lubang. Fungsi *thorax* adalah(16) :

1. Melindungi organ-organ dalam tubuh
2. Tempat terikatnya otot-otot gelang bahu dan sebagian otot-otot
3. Mekanisme gerakan pernafasan lebih baik, oleh karena kontraksi dan struktur sendi dan tulang rawan iga yang ada disini.
4. Tempat bersandarnya gelang bahu dan anggota atas

2.1.6 Indeks Massa Tubuh (IMT)

Indeks Massa tubuh (IMT) atau *body mass index* (BMI) adalah alat atau sarana sederhana untuk memantau status gizi orang dewasa, terutama yang berhubungan

dengan defisiensi dan Kegemukan. Rumus untuk menghitung IMT adalah sebagai berikut (17). Rumus IMT sebagai berikut (18):

$$IMT = \frac{BB(kg)}{TB(m) \times TB(m)} \quad (5.)$$

Beberapa kategori untuk ambang batas dari IMT pada Tabel-2.2 dibawah ini:

Tabel-2.2 Indeks massa tubuh
Sumber : (19)

Status Gizi	IMT
Kurus	<17.00
Normal	>18.7-25.00
Berat Badan Berlebih	>25.0-27.0
Obesitas	>27.0

2.2 Tinjauan Penelitian Terkini

Penelitian yang dilakukan oleh Zany Nurfauzanil Ibad di Jakarta, tujuan dari penelitian ini adalah membandingkan dosis radiasi yang diterima oleh anak pada pemeriksaan thorax dengan metode *Automatic Exposure Control* (AEC). Alat yang digunakan yaitu TLD LiF:Mg,Cu,P untuk mendapatkan dosis yang diterima dan Pesawat sinar-X merek Siemens YSIO serta *receptor* berupa digital radiography (DR). Sample yang digunakan adalah anak-anak yaitu Kategori-1 dengan usia 1 – 5 tahun, Kategori-2 dengan usia 6 – 10 tahun dan Kategori-3 dengan usia 11 – 15 tahun. Setiap kategori terdiri atas 10 pasien anak untuk metode AEC dan 10 pasien anak untuk metode manual. Hasil yang didapat adalah usia 1-5 tahun mendapatkan rata-rata pada metode AEC sebesar 0.15 mGy dan metode manual 0.15 mGy. Usia 6-10 tahun mendapatkan rata-rata dengan penggunaan metode AEC sebesar 0.16 mGy dan metode manual 0.21 mGy dan usia 11-15 tahun mendapatkan rata-rata dengan penggunaan metode AEC sebesar 0.15 mGy dan metode manual 0.31 mGy. Kesimpulan dosis ESD metode manual sangat berpengaruh terhadap karakteristik anak, semakin berat makan dosis ESD yang akan diterima pasien anak juga akan lebih besar. (20)

Penelitian oleh Eri Hiswara, et al di Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi BATAN adalah dosis pasien pada pemeriksaan rutin Sinar-X Radiologi Diagnostik. Tujuan Penelitian ini adalah untuk mendapatkan gambaran jumlah dosis radiasi yang diterima oleh pasien di Indonesia, hasil kajian penelitian ini adalah akan dikembangkan dan diperluas untuk digunakan dalam menentukan DRL yang berlaku di Indonesia. Alat yang digunakan adalah dosimeter *termoluminesensi* (TLD) *Thermo Scientific Harhaw* dari jenis chip TLD-100 (LiF:Mg,Ti) dengan ukuran 3,2 mm x 3,2 mm x 0,15 mm sebagai pembaca dosis yang diterima pasien. Rumah sakit yang digunakan antara lain RSUD Dr. Wahidin Sudirohusodo, Makassar, RSUD Syamsudin, SH, Sukabumi, dan di RS St. Antonius, Pontianak. Sample yang digunakan sebanyak 130 pasien terdiri atas 102 orang pasien dewasa dan 28 orang pasien anak-anak dengan usia di bawah 16 tahun yang menjalani pemeriksaan *thorax* (AP/PA), *thorax* lat, *abdomen*, kepala AP/PA, kepala lat, *lumbo sacral* AP, *lumbo sacral* lat, *ekstremitas*, *pelvis* AP, *cervical* AP, *cervical* lat, *cervical oblique*, *clavicula* dan *thoracal lumbal*. Hasil yang didapatkan untuk *thorax* AP/PA adalah nilai median 0.14 mGy dan rata-ratanya adalah 0.19 mGy. Kesimpulan yang didapatkan adalah hasil yang didapat tidak melebihi acuan DRL di Indonesia dan yang diterima pasien anak-anak lebih kecil. (21)

Penelitian mengenai IMT pada dosis pasien pada radiografi digital yang dilakukan oleh Vasileios I. Metaxas, et al. tujuan dari penelitian ini adalah ingin mengetahui peran BMI terhadap dosis pasien. Alat yang digunakan adalah Pesawat Sinar-X Merek Philips dilengkapi dengan tabung sinar-X standar (RSO 33 100 ROT 350), generator sinar-X 80 kW (Philips Optimus) dan panel data dan dosimeter Radcal Accu Pro 9096 (Radcal, Monrovia, CA, USA). Sample yang digunakan adalah 1869 pasien dewasa (1011 pria dan 858 wanita) yang menjalani radiografi AP posterior-anterior dada (PA). hasil yang didapat pada pasien kelebihan berat badan dan obesitas menerima dosis radiasi yang meningkat secara signifikan. Penyesuaian yang hati-hati dari protokol pencitraan diperlukan untuk pasien ini untuk mengurangi dosis pasien. Kesimpulan adalah menunjukkan peningkatan yang signifikan secara statistik dari dosis radiasi yang diterima oleh pasien kelebihan berat badan dan obesitas dibandingkan dengan pasien normal. Protokol pencitraan perlu disesuaikan dengan benar untuk mengurangi dosis

yang diterima oleh pasien yang kelebihan berat badan atau obesitas, sambil mempertahankan kualitas gambar yang dapat diterima secara klinis (22)

Penelitian mengenai pemantauan dosis pada pasien untuk DRL lokal yang dilakukan oleh ida bagus made suryatika, et al. tujuan penelitian ini adalah untuk memperoleh gambaran radiodiagnostik yang optimal sehingga menciptakan dosis yang serendah-rendahnya. Alat yang digunakan adalah pesawat sinar-X di unit radiologi Rs kasih ibu kedongan, Bali. Sampel yang digunakan adalah bayi usia (0-4 tahun), anak-anak (5-14 tahun) dan dewasa (15 tahun ke atas) dengan membutuhkan pasien sebanyak 20 pasien untuk setiap jenis pemeriksaan yang disumbangkan ke nasional. Hasil yang didapat adalah secara umum dosis permukaan yang masuk pada pemeriksaan radiologi diagnostik yang diukur di unit radiologi RS Kasih Ibu Kedonganan masih dalam kisaran nilai DRL yang berlaku di Indonesia hasil penelitian ini secara khusus menunjukkan bahwa dosis radiasi yang diterima oleh bayi dan anak-anak lebih kecil daripada yang diterima oleh pasien dewasa yaitu Nilai DRL lokal RS kasih ibu kedonganan untuk proyeksi pada bayi 0,381mGy, anak-anak 0,412 mGy dan dewasa 0,418 mGy. Kesimpulannya adalah hasil RS kasih ibu kedongan menunjukkan yang tidak melebihi nilai rujukan DRL nasional dan nilai dari bayi serta anak-anak lebih kecil dibandingkan dengan nilai dewasa (23).

