

**EVALUASI NILAI DOSIS EFEKTIF JARINGAN
THORAX, ABDOMEN SERTA CRANIUM HASIL
PEMERIKSAAN PESAWAT SINAR-X
KONVENSIONAL PASIEN ANAK DAN DEWASA**

JUSMAWATI

H03212006

Pembimbing 1 : Prof. Dr. Bualkar Abdullah, M. Eng. Sc

Pembimbing 2 : Prof. Dr. Dahlang Tahir, M. Sc



**PROGRAM STUDI MAGISTER FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2021**

EVALUASI NILAI DOSIS EFEKTIF JARINGAN THORAX,
ABDOMEN SERTA CRANIUM HASIL PEMERIKSAAN
PESAWAT SINAR-X KONVENSIONAL PASIEN ANAK DAN
DEWASA

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Magister

Program Studi

Fisika

Disusun dan diajukan oleh

JUSMAWATI

Kepada

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2021

HALAMAN PENGESAHAN

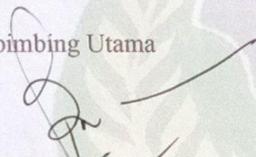
Tesis ini diajukan oleh

Nama : Jusmawati
NIM : H032172006
Program Studi : Magister Fisika
Judul Tesis : Evaluasi Nilai Dosis Efektif Jaringan Thorax,
Abdomen Serta Cranium Hasil Pemeriksaan
Pesawat Sinar-X Konvensional Pasien Anak Dan
Dewasa

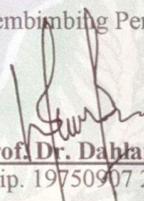
Makassar, 19 Agustus 2021

Disahkan Oleh:

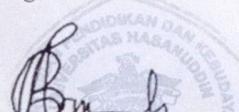
Pembimbing Utama


Prof. Dr. Bualkar Abdullah, M. Eng. Sc
Nip. 19550105 197802 1 001

Pembimbing Pertama


Prof. Dr. Dahlang Tahir, M.Sc
Nip. 19750907 200003 1 006

Ketua Program Studi
Magister Fisika


Dr. Ir. Bidayatul Armynah, MT
Nip. 19630830 198903 2 001

Dekan Fakultas MIPA
Universitas Hasanuddin


Dr. Eng. Amiruddin, S.Si, Msi
Nip. 19720515 199702 1 002

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : JUSMAWATI
Nomor Pokok : H032172006
Program Studi : MAGISTER FISIKA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar hasil karya orisinil saya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan tulisan atau pemikiran orang lain, kecuali bagian yang telah dikutip sesuai kaidah ilmiah yang berlaku. Apabila dikemudian hari ditemukan hasil karya orang lain yang diambil maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar 20 Agustus 2021

Yang menyatakan



JUSMAWATI

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah. Segala puji dan syukur hanya kepada Allah SWT. hanya kepada Engkau lah tempat kami bersujud dan hanya kepada Engkau lah tempat kami memohon perlindungan, kemudahan dan petunjuk, karena berkat rahmat dan hidayah-Mu lah yang tak henti-hentinya Engkau curahkan kepada hamba yang lemah ini sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “**Evaluasi Nilai Dosis Efektif Jaringan Thorax, Abdomen Serta Cranium Hasil Pemeriksaan Pesawat Sinar-X Konvensional Pasien Anak Dan Dewasa**”. Penulisan tesis ini dimaksudkan untuk memenuhi salah satu persyaratan akademik dalam mencapai gelar Master Fisika pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin, disamping untuk menambah pengalaman untuk meneliti dan menyusun karya ilmiah berupa tesis kepada penulis dan selain itu diharapkan dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan peneliti lainnya untuk menambah pengetahuan dalam bidang fisika.

Keberhasilan ini tidak akan terwujud tanpa adanya bimbingan, perhatian, dukungan dan bantuan dari beberapa pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini, dengan segala kerendahan hati penulis juga ingin menyampaikan terimah kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung memberikan kontribusi besar dalam penyelesaian tesis ini. Terutama kepada suami saya **Arfah** dan juga ke dua orang tua saya beserta seluruh keluarga yang selalu mendoakan penulis. Serta para komisi penasehat tesis: **Bapak Prof. Dr. Bualkar Abdullah, M.Eng.Sc** selaku ketua komisi penasehat dan bapak **Prof. Dr. Dahlang Tahir, M.Sc** selaku anggota komisi penasehat dengan dedikasi dan kesabarannya dalam mencurahkan segala pemikiran dan waktunya untuk membimbing dan mengarahkan bobot akademis dalam tesis ini.

Ucapan terimakasih dan penghargaan setinggi-tingginya juga saya sampaikan kepada tim penguji **Prof. Dr. Sri Suryani, DEA** dan **Prof. Dr. Paulus Lobo Gareso, M.Sc** serta **Dr. Sri Dewi Astuty Ilyas, S.Si. M.Si** yang telah meluangkan waktu dan pikirannya untuk memberikan banyak masukan serta

arahan dalam menyempurnakan tesis ini sehingga memiliki makna yang makin berarti.

Ucapan terimakasih sedalam-dalamnya juga saya sampaikan kepada seluruh dosen dan para staf program Fisika Universitas Hasanuddin yang telah meluangkan waktu serta memberikan kesempatan untuk saya dalam mengikuti setiap mata kuliah di jurusan Fisika Unhas. Rasa hormat dan terimakasih yang tak terhingga saya dedikasikan juga kepada **Pak Muliadin, S.Si. M.Si** yang selama penulisan Tesis ini selalu membantu penulis.. Tak lupa pula penulis ucapkan terimakasih kepada semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu yang telah memberikan dukungan dan bantuan sehingga dapat menyelesaikan tesis ini.

Akhir kata, penulis mengucapkan terimah kasih kepada semua pihak yang telah berperan dalam penyelesaian tesis ini. Tesis ini tidak terlepas dari kekurangan dan ketidaksempurnaan mengingat keterbatasan kemampuan penulis. Semoga hasil penelitian ini dapat bermanfaat bagi pengembangan Ilmu Pengetahuan Alam terutama dibidang Fisika.

Bisllahi Taufiq Walhidayah

Wassalamu ‘alaikum Wr. Wb

Makassar , 20 Agustus 2021

Penulis

ABSTRAK

JUSMAWATI 2021. Evaluasi Nilai Dosis Efektif Jaringan Thorax, Abdomen Serta Cranium Hasil Pemeriksaan Pesawat Sinar-X Konvensional Pasien Anak Dan Dewasa

Teknik visualisasi untuk melihat keadaan anatomi dan fisiologi dari organ – organ tubuh manusia dengan menggunakan pesawat sinar-X merupakan prosedur diagnostik yang paling digemari didunia kedokteran. Mengingat prosedur diagnostik menggunakan radiasi pengion dapat menimbulkan efek negatif bagi pasien, BAPETEN telah menetapkan nilai panduan dosis untuk penyinaran medik dan mewajibkan semua pesawat sinar – X yang digunakan dilakukan uji kesesuaian untuk menjamin keluaran pesawat sinar – X tersebut masih sesuai spesifikasinya. Sehubungan dengan hal tersebut telah dilakukan studi tentang dosis radiasi yang diterima oleh pasien melalui nilai *Entrance Surface Dose* (ESD) dari penggunaan radiasi dibagian radiologi diagnostik. Hasil studi dibandingkan dengan tingkat acuan yang dikeluarkan oleh BAPETEN. Studi dilakukan dengan menentukan nilai ESD untuk mendapatkan nilai *Dosis Efektif* (DE) yang diperkalikan dengan nilai faktor bobot jaringan yang digunakan untuk pemeriksaan thorax, abdomen dan cranium untuk kualifikasi pasien anak – anak dan pasien dewasa pada beberapa rumah sakit, yang mempunyai fasilitas layanan radiodiagnostik. Hasil studi ini menunjukkan nilai dosis efektif (DE) jauh lebih rendah dibandingkan dengan nilai Entrance surface dose, dimana untuk dosis efektif dipengaruhi oleh factor bobot jaringan untuk masing-masing pemeriksaan thorax, abdomen dan cranium untuk pasien anak dan dewasa.

Kata kunci : *Entrance Surface Dose* (ESD), *Dosis Efektif* (DE), pesawat sinar-X Konvensional.

ABSTRACT

JUSMAWATI, 2021. Evaluation of Effective Dose for Thorax, Abdominal and Cranial Tissues' Imaging Results through Conventional Radiography on Pediatric and Adult Patients

In many years, visualization techniques to examine the anatomy and physiology of human organs using X-rays has become the most popular diagnostic procedures within the field of medicine. Considering those diagnostic procedures using ionizing radiation which can emerge some negative effects on patients, *BAPETEN* (Indonesia's Nuclear Energy Regulatory Agency) has set dosing guidelines for medical imaging and required that each radiography used be tested for compliance to ensure that any exposure and dose limits prescribed in the guidelines are met. On the part of it, a study has been carried out concerning radiation dose received by a patient through the entrance surface dose (ESD) of radiation use in the diagnostic radiology section. Taken together, the results of the study are compared with the diagnostic reference level issued by *BAPETEN*. Hence, to calculate the effective dose (ED), it is conducted by determining ESD multiplied by the values of tissue weighting factors for thorax, abdominal and cranial examination of pediatric and adult patients in several hospitals with access to medical radiodiagnosis facilities. On the whole, the results reveal that the ED value is significantly lower than the ESD's, where the ED is affected by the tissue weighting factors for each thoracic, abdominal and cranial examination on pediatric and adult patients.

Keywords: Entrance Surface Dose (ESD,; Effective Dose (ED), Conventional radiography

DAFTAR ISI

JUDUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Rumusan Masalah.....	2
I.3 Tujuan Penelitian.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
II.1 Dosis Radiasi.....	3
II.2 Dosis Ekuivalen.....	4
II.3 Dosis Efektif.....	5
II.5 Entrance Surface Dose (ESD).....	6
II.7 Paparan Radiasi.....	9
II.8 Faktor Bobot.....	9
BAB III METODE PENELITIAN	11
III.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	11
III.2 Alat dan Bahan.....	11
2. Bahan.....	11
Pengalas detektor.....	11
III.3 Prosedur Penelitian.....	11
III.4 Teknik Analisis Data.....	12
III.5 desain Penyinaran.....	12
III.6 Diagram Alir Penelitian.....	13
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	14
IV.1. HASIL.....	14
IV.2. Analisis Data.....	15

IV.3. Pembahasan.....	18
BAB V PENUTUP	22
V.1. Kesimpulan.....	22
V.2 Saran.....	22
DAFTAR PUSTAKA	23
LAMPIRAN	25

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pesawat Sinar-X	6
Gambar 2.2 Pengukuran Incident Air Kerma	7
Gambar 3.1 Desain Penyinaran	12
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian	13

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Faktor Bobot Radiasi	4
Tabel 2.2 Faktor Bobot Jaringan	10
Tabel 4.1 Nilai Kerma Udara Pasien Anak dan Dewasa	14
Tabel 4.2 Nilai ESD dan DE Faktor Ekspose Pasien Anak	16
Tabel 4.3 Nilai ESD dan DE Faktor Ekspose Pasien Dewasa	17

DAFTAR LAMPIRAN

Alat Pengukuran

29

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Sejak pertama kali pesawat sinar-X ditemukan, telah banyak memberikan kontribusi dan manfaat yang luar biasa bagi manusia terutama dalam dunia medis. Dengan adanya pesawat sinar-X maka para pekerja dibidang medis diberi kemudahan untuk mendiagnosa suatu penyakit. Berbagai pemeriksaan radiologi dapat dievaluasi menggunakan pesawat sinar-X seperti pemeriksaan radiologi *thorax, abdomen, skull, femur, cervical dan pelvis*. Oleh karena itu dikhawatirkan akan menimbulkan kerusakan sel-sel tubuh. Oleh karena itu banyak penelitian yang dilakukan untuk mengetahui keluaran dosis dari pesawat sinar-X untuk estimasi dosis radiasi pada pemeriksaan *thorax, abdomen dan skull*. Penggunaan sinar-X ini disamping bermanfaat bagi perkembangan dunia kedokteran untuk menunjang hasil pemeriksaan terhadap suatu penyakit juga menimbulkan efek biologis yang dapat membahayakan pasien^[1]. Mengingat tingginya ketergantungan penegakkan diagnosa pada pemeriksaan radiologi diagnostik ini, berbagai negara telah menentukan DRL pada berbagai jenis pemeriksaan radiologi diagnostik^[2].

Diagnostic reference level (DRL) menjadi bagian dari upaya optimalisasi proteksi dan keselamatan radiasi pada pasien. *Diagnostic reference level* bermanfaat untuk mendukung data audit dosis untuk memenuhi prinsip penerimaan dosis pasien sekecil mungkin yang dapat dicapai dengan tetap mengedepankan kualitas citra yang optimal untuk diagnostik atau ALARA (AsLow As Reasonably Achievable).^[1]

Terpenuhinya nilai DRL dengan kualitas citra yang optimal untuk penegakkan diagnosa pada hasil diagnostik yang diperoleh. Apabila dosis radiasi yang diterima pasien masih dalam skala DRL, citra yang dihasilkan lazimnya juga telah memiliki kualitas yang tinggi^[2].

Sehubungan ada perbedaan antara kondisi fisik orang di Indonesia dengan kondisi fisik orang di negara yang mempunyai nilai DRL ditetapkan, maka tidak

tertutup kemungkinan bahwa nilai DRL yang dikeluarkan oleh BAPETEN tersebut tidak sesuai dengan keadaan kondisi fisik orang Indonesia. Untuk itu Indonesia juga diharapkan dapat memiliki data mengenai dosis yang diterima oleh pasien yang menjalani pemeriksaan medik yang kemudian dapat digunakan untuk menentukan nilai DRL Indonesia.

Tingkat panduan diagnostik untuk paparan medik atau DRL sangat direkomendasikan untuk digunakan sebagai panduan para praktisi medik dalam melakukan optimisasi proteksi pada setiap jenis pemeriksaan radiologi diagnostik dan intervensional, dan digunakan untuk mencegah paparan radiasi yang tidak diperlukan pada pasien. ^[11]

Karena di Indonesia belum ditetapkan batas dosis yang harus diterima oleh pasien, maka dari itu para pekerja medis di bidang radiologi berlomba-lomba melakukan evaluasi dosis yang diterima oleh setiap pasien di berbagai rumah sakit dimana dosis yang diterima inilah kemudian dihitung dan dirata-ratakan untuk mendapatkan nilai DRL untuk wilayah Indonesia. ^[11]

I.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah "bagaimana nilai dosis efektif jaringan Thorax, Abdomen serta Cranium hasil pemeriksaan sinar-X Konvensional pasien anak dan dewasa.

I.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah

1. Menghitung dosis efektif pada pemeriksaan Thorax, Abdomen dan Kepala di beberapa rumah sakit.
2. Mengevaluasi pengaruh bobot jaringan pasien anak dan dewasa terhadap nilai dosis efektif.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Dosis Radiasi

Efek radiasi maupun tindakan proteksi radiasi saat ini menjadi perhatian utama bagi praktisi di bidang intervensional, disebabkan kesadaran mengenai akibat jangka panjang (*life-time risk*) baik terhadap penderita, praktisi maupun orang yang berada disekitarnya. Dragusin mengemukakan bahwa praktisi kardiologi intervensional sebaiknya lebih memperhatikan dosis radiasi yang digunakan selama tindakan kardiologi intervensional.^[3]

Resiko akibat paparan radiasi pengion diketahui terbanyak diakibatkan oleh radiasi pengion itu sendiri. Pada dekade awal penggunaan sinar X oleh W.H Roentgen, efek radiasi yang telah dilaporkan adalah luka bakar dikulit (Stevens, 1896),^[4] dan ditemukan kasus kanker dalam waktu 7 tahun setelah terjadi paparan radiasi sinar X dosis tinggi. Pemeriksaan dengan menggunakan radiasi pengion memberikan efek radiasi pada tubuh, berupa efek stokastik dan deterministik. Efek deterministik akan timbul setelah melewati ambang batas dosis radiasi, sedangkan efek stokastik terjadi tanpa mengindahkan ambang batas dosis radiasi. Kanker merupakan efek stokastik yang sering ditemui pada anak-anak yang mengalami paparan radiasi dibandingkan dengan dewasa.^[5,6,7,8,9]

Besarnya dosis radiasi sinar X yang digunakan akan memberikan efek radiasi pada sel tubuh. Anatomi dan fisiologi tubuh anak yang berbeda dengan orang dewasa menjadikan mereka lebih sensitif terhadap radiasi. Efek radiasi bisa berupa efek deterministik dan efek stokastik. Efek deterministik akan timbul bila dosis radiasi melampaui ambang batas. Sedangkan efek stokastik tidak tergantung dari ambang batas dosis, namun dapat diperkirakan. Efek stokastik yang dapat diperkirakan adalah kemungkinan kejadian kanker. Paparan radiasi pada masa anak-anak akan meningkatkan resiko terjadinya leukemia, kanker payudara dan kanker thyroid^[10,11]

Dengan mengetahui profil dosis radiasi yang terdiri dari komponen dosis total, *Dose Area Product* (DAP), dan waktu fluoroskopi akan dapat menunjukkan besarnya dosis efektif. Dosis efektif merupakan patokan untuk memperkirakan kemungkinan terjadinya kanker setelah terpapar radiasi sinar X. [12]

II.2 Dosis Ekuivalen

Penggunaan dosis rata-rata sebagai indikator peluang efek stokastik bergantung pula pada kelinieran hubungan dosis-tanggapan. Hubungan ini tidak linier untuk efek deterministik, sehingga dosis serap rata-rata tidak sertamerta relevan untuk efek deterministik kecuali jika dosisnya tersebar merata di seluruh jaringan atau organ. Peluang terjadinya efek stokastik diketahui bergantung, tidak hanya pada dosis serap, namun juga pada jenis dan energi radiasi yang datang. Dosis serap dari radiasi yang berbeda akan memberikan efek biologik yang berbeda pula di dalam organ atau jaringan tubuh. Untuk memperhitungkan kedua parameter terakhir ini diperkenalkan faktor bobot radiasi, w_R . [11] Dosis serap rata-rata dari radiasi R pada organ atau jaringan T disebut dosis ekuivalen, dan merupakan hasil kali dari dosis serap rata-rata dengan faktor bobot radiasi. Satuan dosis ekuivalen dalam SI adalah joule per kilogram (J/kg), dengan nama khusus sievert (Sv). Satuan lama untuk dosis ekuivalen adalah rem, dengan $1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}$. Tabel 2.3 memberikan faktor bobot radiasi yang diberikan oleh Komisi Internasional untuk Proteksi Radiologik (ICRP) pada publikasi 103 yang terbit tahun 2007. [20]

Tabel 1. Faktor bobot radiasi, w_R

Jenis radiasi	Faktor bobot radiasi w_R
Foton	1
Elektron	1
Proton	2
Alfa, fragmen fission, ion berat	20
Neutron	Fungsi energi neutron *

Tabel 2.1: Faktor Bobot Radiasi

II.3 Dosis Efektif

Dosis efektif adalah yang erat kaitannya dengan resiko yang terkit dengan radiasi kuantitas ini emperhitungkan dosis untuk organ radiosensitif pada beberapa bagian tubuh dan terkait dengan resiko efek stokastik seperti induksi kanker dan efek genetic. Dosis efektif berupaya memberikan kuantitas, yang mewakili dosis bersamaan untuk seluruh tubuh yang akan memiliki kerugian kesehatan yang serupa dalam hal efek stokastik dalam jangka pajang. Dosis efektif tidak dapat di ukur secara langsung, sehingga harus dinilai dari jumlah dosis yang dapat diukur. Jumlah dosis yang dapat diukur untuk pasien radiologi diagnostik adalah *Entrance Surface Dose* dan area dosis. ^[11]

II.4 Pesawat sinar-X

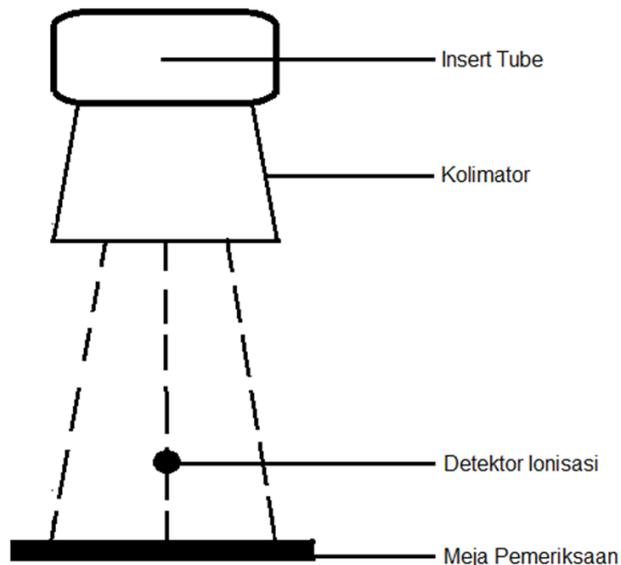
Pesawat sinar-X atau Rontgen, merupakan suatu alat yang banyak digunakan oleh setiap rumah sakit untuk mendapatkan hasil diadnosa yang lebih bagus terhadap pasien. Dari pesawat sinar-X telah banyak manfaat yang diterima manusia. Beberapa pemeriksaan dapat dilakukan menggunakan pesawat sinar-X seperti pemeriksaan femur, skull, lungs, abdomen, cervic, pelvis dan thorax. Pemeriksaan menggunakan pesawat sinar-X tidak hanya memberikan efek positif tetapi juga efek negatif terhadap tubuh pasien. Jika pasien menerima paparan radiasi melebihi nilai batas dosis radiasi maka dikhawatirkan akan mengakibatkan kerusakan sel-sel tubuh. Oleh karena itu banyak penelitian dilakukan yang berhubungan dengan pesawat sinar-X [20].



Gambar II.1: Pesawat Sinar-X

II.5 Entrance Surface Dose (ESD)

Entrance Surface Dose (ESD) adalah salah satu kuantitas yang digunakan dalam radiodiagnostik untuk menyatakan dosis radiasi yang diterima objek atau dosis yang masuk ke dalam permukaan tubuh. Beberapa referensi menggunakan istilah lain yaitu *entrance surface air kerma* (ESAK). ESD merupakan dosis radiasi pada permukaan obyek termasuk radiasi hamburan balik yang diukur pada pusat berkas radiasi pada permukaan pasien atau *Phantom*. Pengukuran ESD dapat dilakukan secara langsung menggunakan pasien maupun dengan cara tidak langsung dengan kalkulasi. Pengukuran ESD secara langsung dapat dilakukan dengan menggunakan TLD (*Thermo Luminescent Detector*). Dimana pengukuran dilakukan dengan cara menempelkan TLD pada permukaan tubuh pasien, sehingga dosis yang dicatat dikatakan juga dosis yang masuk ke permukaan tubuh (ESD). Dengan kata lain ESAK berhubungan dengan *Incident air kerma*. Gambar berikut menunjukkan cara penentuan ESD menggunakan detector ionisasi untuk menentukan kerma udara yang sesuai pada bidang sinar-X.



Gambar II.2: pengukuran incident Air Kerma

INAK merupakan dosis serap diudara, yang secara matematis dapat ditentukan sebagai berikut

$$INAK = Kerma \times FK \dots\dots\dots(1)$$

dengan kerma adalah hasil bacaan detektor ionisasi diudara dalam mGy, dan FK adalah faktor kalibrasi detektor ionisasi. Selanjutnya dari nilai INAK tersebut dapat mengkalkulasi Entrance Surface Dose (ESD). Secara sederhana nilai ESD tersebut dapat ditentukan melalui persamaan berikut

$$ESD = INAK \times BSF \dots\dots\dots(2)$$

Dengan INAK adalah nilai dosis terukur diudara yang dikoreksikan dengan faktor kalibrasi detektor ionisasi dalam satuan mGy dan BSF adalah nilai faktor namburan sebesar 1,35.

II.6 Proteksi Radiasi

Proteksi radiasi adalah suatu proses atau usaha yang dilakukan untuk melakukan perlindungan terhadap radiasi, mengingat radiasi dapat membahayakan kesehatan. Salahsatu bahaya dari radiasi adalah menyebabkan kanker, karena radiasi yang diberikan tidak sesuai dengan aturan. Radiasi ini dapat mengaktifkan

sel kanker (karsinogen). Kanker merupakan suatu penyakit dimana terjadi pertumbuhan sel-sel jaringan tubuh yang tidak normal, cepat, dan tidak terkendali. Perlindungan dari radiasi dapat dilakukan dengan pengawasan, baik melalui peraturan yang berkaitan dengan radiasi dan bahan-bahan radioaktif maupun dengan dibentuknya badan pengawas yang bertanggung jawab. Di Indonesia badan tersebut adalah Badan Pengawas Tenaga Nuklir (Bapeten) dan di tingkat Internasional adalah International Commission on Radiological Protection (ICRP). Badan-badan ini mengatur pembatasan dosis radiasi dengan 3 azas yaitu; azas justifikasi, azas optimasi, dan azas limitasi. ^[15] Azas justifikasi adalah suatu kegiatan tidak akan dilakukan kecuali mempunyai keuntungan yang lebih dibandingkan dengan resikonya. Azas optimasi adalah paparan radiasi diusahakan pada tingkat serendah mungkin yang bisa dicapai dengan mempertimbangkan faktor ekonomi dan sosial. Sedangkan azas limitasi adalah dosis perorangan tidak boleh melebihi batas yang direkomendasikan oleh ICRP. Proteksi radiasi dibagi dalam dua golongan yaitu proteksi terhadap pegawai dan proteksi terhadap masyarakat umum. Proteksi terhadap pekerja radiasi lebih mudah dikarenakan pada saat penyinaran berada diluar ruangan, hanya pada voltase rendah berada didalam ruangan, tetapi harus memakai lead apron dan berdiri di belakang arah sinar. Bekerja di daerah radiasi harus punya sistem proteksi yang memadai karena manusia tidak mempunyai sensor biologis terhadap radiasi dan diperlukan disiplin yang tinggi. Instrumen proteksi radiasi berfungsi memantau daerah radiasi, mengukur laju dosis radiasi serta jumlah dosis yang diterima oleh pekerja dan memberikan tanda peringatan dini (warning system) bila terjadi ketidaknormalan. ^[16]

Pesawat modern telah dilengkapi dengan protektor radiasi sehingga pegawai dapat terlindungi, akan tetapi pengukuran radiasi di sekitar ruangan harus tetap dilakukan agar dosis di tempat tersebut dapat diketahui dan semua pegawai harus memakai film badge untuk mengetahui jumlah dosis yang diterima. Untuk pemakaian jarum atau tabung radium tidak boleh dipegang dengan tangan, tetapi harus menggunakan peralatan khusus. Proteksi terhadap penderita baik untuk tujuan diagnostik maupun terapi, suatu dosis tertentu harus diberikan akan tetapi

jaringan sehat yang berada di sekitarnya harus dilindungi sebaik-baiknya. Misalnya penyakit di sekitar orbita mata, maka mata harus dilindungi dengan pelindung mata yang terbuat dari timah hitam (lead eye shield) untuk menghindari kerusakan pada mata atau terjadinya katarak akibat radiasi. ^[17]

II.7 Paparan Radiasi

Pasien merupakan bagian dari obyek investigasi atau perlakuan tindakan medik menggunakan sumber radiasi pengion. Artinya, pasien memperoleh manfaat langsung yang lebih besar dari adanya tindakan medik dengan sumber radiasi pengion, sehingga dapat dipahami bahwa pasien tidak membutuhkan pembatasan dosis sebagaimana NBD. Meskipun demikian, dosis yang diterima oleh pasien harus dioptimisasi sehingga mencegah adanya penerimaan paparan radiasi yang tidak perlu. Pencapaian paparan medik yang optimal diperoleh melalui praktik/teknik radiografi yang sesuai. Praktik radiografi yang sesuai harus memperhatikan setiap aspek yang mempengaruhi hasil citra dan terimaan dosis pasien, seperti pertimbangan disain modalitas. ^[13,14]

II.8 Faktor Bobot

Selain bergantung pada jenis radiasi, setiap organ atau jaringan tubuh juga mempunyai kepekaan masing-masing terhadap radiasi. Kerusakan akibat radiasi yang diterima oleh suatu organ, misalnya hati, juga berbeda dengan organ lain, misalnya paru-paru. Karena itu, setiap organ juga mempunyai Faktor Bobot-Organ yang dapat dilihat pada tabel 2. ^[21]

Tabel 2. Nilai Faktor Bobot-Organ (WT)

No	Organ atau Janrihan Tubuh	(WT)
1.	Gona	0.20
2.	Sum-sum tulang	0.12
3.	Usus Besar	0.12
4.	Paru-paru	0.12
5.	Lambung	0.12
6.	Ginjal	0.5
7.	Payudara	0.5
8.	Hati	0.5
9.	Oesephagus	0.5
10.	Thiroyd	0.5
11.	Kulit	0.1
12.	Tulang	0.1
13.	Dada	-
14.	Organ lainnya	0.5

Tabel 2.2: Nilai Faktor Bobot Jaringan