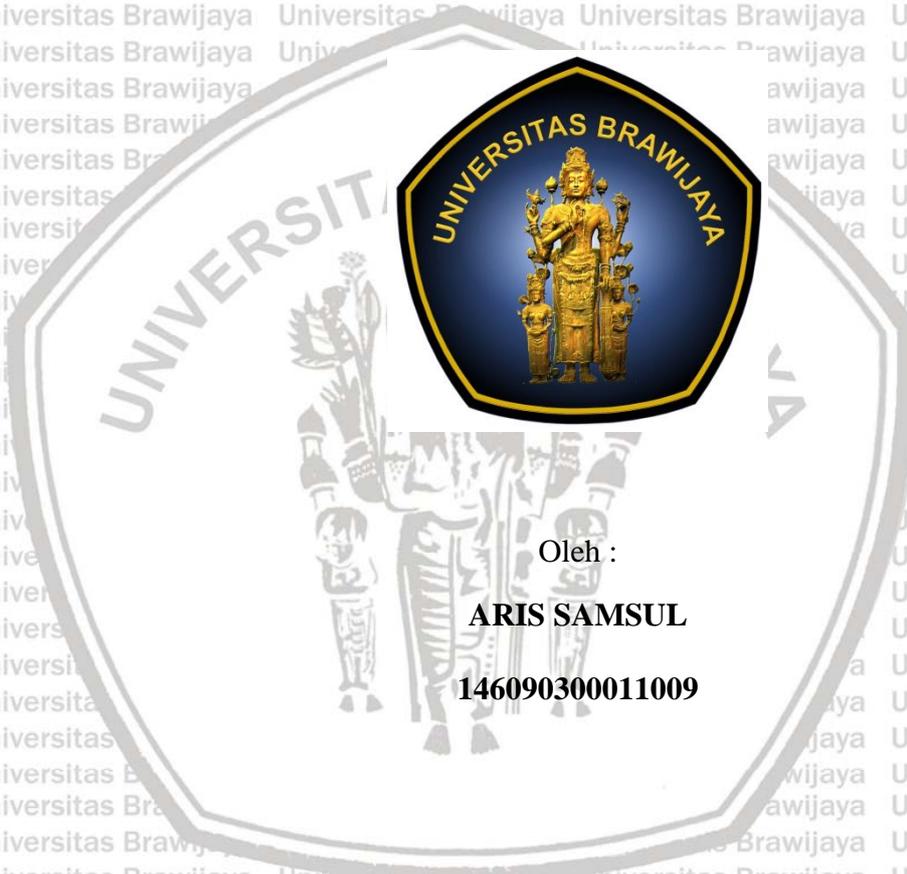


**ANALISIS INDEKS PAPARAN RADIOGRAFI DIGITAL PADA
Pemeriksaan Radiologithoraks *POSTERO ANTERIOR*
SEBAGAI UPAYA PENINGKATAN PROTEKSI RADIASI PASIEN**

TESIS



Oleh :

ARIS SAMSUL

146090300011009

PROGRAM STUDI S2 FISIKA

MINAT FISIKA MEDIS DAN BIOFISIKA

PROGRAM PASCASARJANA FAKULTAS MIPA

UNIVERSITAS BRAWIJAYAMALANG

2019



LEMBAR JUDUL

**ANALISIS INDEKS PAPARAN RADIOGRAFI DIGITAL PADA
PEMERIKSAAN RADIOLOGI THORAKS *POSTERO ANTERIOR*
SEBAGAI UPAYA PENINGKATAN PROTEKSI RADIASI PASIEN**

TESIS

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Sains dalam bidang
Fisika



ARIS SAMSUL

146090300011009

PROGRAM STUDI S2 FISIKA

MINAT FISIKA MEDIS DAN BIOFISIKA

PROGRAM PASCASARJANA FAKULTAS MIPA

UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG

2019





LEMBAR PENGESAHAN
ANALISIS INDEKS PAPARAN RADIOGRAFI DIGITAL PADA
PEMERIKSAAN RADIOLOGI THORAKS *POSTERO ANTERIOR*
SEBAGAI UPAYA PENINGKATAN PROTEKSI RADIASI PASIEN

TESIS

Oleh

ARIS SAMSUL
146090300011009

Telah dipertahankan di depan Majelis Penguji
pada tanggal 24 Juni 2019

Dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar **Magister Sains**
dalam bidang **Fisika**

KOMISI PEMBIMBING

Ketua

Anggota

Drs. Johan A. E. Noor, M.Sc., Ph.D
NIP. 196503251990021004

Prof. Dr. dr. Yuyun Y.P.W., M.Kes, Sp.Rad (K)
NIP. 19681031199612001

Mengetahui
Ketua Program Studi S2 Fisika

Mauludi Ariesto Pamungkas, S.Si M.Si., Ph.D
NIP. 196906101994021001

IDENTITAS TIM PENGUJI

JUDUL TESIS:

ANALISIS INDEKS PAPARAN RADIOGRAFI DIGITAL PADA

PEMERIKSAAN RADIOLOGI THORAKS *POSTERO ANTERIOR*

SEBAGAI UPAYA PENINGKATAN PROTEKSI RADIASI PASIEN

Nama Mahasiswa : Aris Samsul

NIM : 146090300011009

Program Studi : S2 Fisika

Minat : Fisika Medis dan Biofisika

KOMISI PEMBIMBING

Ketua : Drs. Johan A. E. N., M.Sc., Ph.D

Anggota : Prof. Dr. dr. Yuyun Y. P. W., M.Kes, Sp.Rad (K)

TIM DOSEN PENGUJI

Dosen Penguji 1 : Mauludi Ariesto Pamungkas, M.Si., Ph.D

Dosen Penguji 2 : Sri Herwingsih, M.App.Sc., Ph.D

Tanggal Ujian : 24 Juni 2019

SK Penguji :

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah Laporan Penelitian Tesis ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Tesis ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan (Plagiat), saya bersedia Tesis (Magister) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Malang, 27 Juni 2019

Aris Samsul
NIM:146090300011009



BIODATA PENULIS

Aris Samsul merupakan putra pertama dari pasangan Bapak Abdul Mutholib dan Ibu Supiya, lahir di Kabupaten Malang, Jawa Timur pada tanggal 07 Mei 1981. Menyelesaikan pendidikan TK di TK Miftahul Ulum Kanigoro 1987, SDN kanigoro 04 Tahun 1993, MTs Miftahul Ulum Kanigoro Tahun 1996, MA Nadlatul Ulama tahun 1999, D3 radiodiagnostik dan Radioterapi STIKes Widya Cipta Husada tahun 2012, D4 Teknik Radiologi Poltekkes Kemenkes Semarang tahun 2014 dan tahun 2015 melanjutkan pendidikan di Pasca Sarjana FMIPA Universitas Brawijaya Malang pada Program Studi S2 Fisika, dengan bidang minat Fisika Medis dan Biofisika.



ANALISIS NILAI INDEKS PAPARAN RADIOGRAFI DIGITAL PADA PEMERIKSAAN RADIOLOGI THORAKS *POSTERO ANTERIOR* SEBAGAI UPAYA PENINGKATAN PROTEKSI RADIASI PASIEN

ABTRAK

pemeriksaan radiologi thoraks *posterior anterior* merupakan suatu pemeriksaan yang sangat penting untuk menilai kondisi jantung dan kelainan sistem pernafasan bagian bawah dan saat ini radiografi digital menjadi cara yang mudah untuk pemeriksaan radiologi, sehingga operator sering menggunakan faktor paparan tinggi karena dianggap mempermudah saat pemrosesan gambar, namun hal ini dapat meningkatkan resiko dosis radiasi berlebih pasien, indeks paparan radiografi merupakan umpan balik kepada operator untuk gambar optimal dan dosis rendah yang sesuai untuk pasien.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa indeks paparan Fujifilm (*S-Value*) dan dosis radiasi permukaan (ESD) radiografi Thoraks postero anterior sebagai upaya peningkatan proteksi radiasi pasien menggunakan prinsip ALARA. Data diambil dengan parameter 64 kVp, 16 mAs sampai 94 kVp, 2 mAs, ESD diukur menggunakan keping TLD dan indeks paparan (*S-Value*) dari perangkat *direct radiography* Fujifilm.

Penelitian ini menghasilkan rata-rata indeks paparan (*S-Value*) dan dosis radiasi permukaan (ESD) memiliki trend grafik eksponensial, Naiknya nilai-S akan diikuti dengan turunnya ESD, dengan rata-rata ESD tertinggi 0,53 mSv pada rata-rata indeks paparan (*S-Value*) 348 dan rata-rata ESD terendah 0,32 pada rata-rata indeks paparan (*S-Value*) 661. Mengacu *Diagnostik Reverence Levels (DRLs)* BAPETEN untuk pemeriksaan thoraks postero anterior 0,4 mSv, maka indeks paparan (*S-Value*) minimal yang harus dicapai supaya ESD pasien tidak melampaui yaitu nilai-S 532 pada ESD 0,39 mSv.

Kata kunci :Pemeriksaan Thoraks postero anterior, entrance surface dose (ESD), *S-value*

ANALYSIS OF EXPOSURE INDEX DIGITAL RADIOGRAPHY IN RADIOLOGICAL EXAMINATION OF POSTERO ANTERIOR THORAX AS THE EFFORT OF IMPROVING PATIENT RADIATION PROTECTION

ABSTRACT

The radiological examination thorax posterior anterior is a very important examination for assessing the heart and lower respiratory system abnormalities. Now digital radiography is an easy method for radiological examinations, therefore operators often use high exposure factors because it is considered to improve image processing, however this could increase the risk of patient's to receive excessive radiation dose. The radiographic exposure index is the operator's feedback for optimal images and low doses that are appropriate for the patient.

The objective of this research analyze Fujifilm exposure index (S-Value) and entrance surface dose (ESD) Thoracic postero anterior radiography as an effort to increase patient radiation protection using the ALARA principle. Data was taken using following parameters: 64 kVp, 16 mAs to 94 kVp, 2 mAs. ESD was measured using TLD chips and exposure index (S-Value) from Fujifilm's direct radiography device.

The results show an average exposure index (S-Value) and surface radiation dose (ESD) that has an exponential graph trend. An increase in the S-value will be followed by an ESD drop, with the highest ESD average of 0,53 mSv on the index average exposure (S-Value) 348 and lowest ESD average 0,32 on average exposure index (S-Value) 661. Referring to BAPETEN Diagnostic Reversion Levels (DRLs) for 0,4 mSv postero anterior chest examination, exposure index (S-Value) the minimum must be achieved so that the patient's ESD does not exceed the S-value of 532 at 0,39 mSv ESD.

Keywords : *Examination thorax postero anterior, entrance surface dose (ESD), S-value*



Kata Pengantar

Puji Syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan penelitian yang berjudul “Analisis Nilai Indeks Paparan Radiografi Digital Pada Pemeriksaan Radiologi Thoraks *Postero Anterior* Sebagai Upaya Peningkatan Proteksi Radiasi Pasien”.penulis menyadari tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan penelitian ini. Oleh karena itu pada kesempatan ini peneliti mengucapkan banyak terimakasih kepada:

1. Bapak Mauludi Ariesto Pamungkas, M.Si., Ph.D selaku ketua Program Studi Pasca Sarjana Fisika yang telah memberikan masukan yang berhubungan dengan penelitian ini.
2. Bapak Drs. Johan Andoyo Efendi Noor, M.Sc., Ph.D selaku pembimbing yang dengan sabar memberikan arahan, ilmu dan waktu sehingga bisa menyelesaikan penelitian ini.
3. Ibu Prof. Dr. dr. Yuyun Yuniewati P.W., M.Kes., Sp.Rad (K) selaku pembimbing yang dengan sabar memberikan arahan, ilmu dan waktu sehingga saya bisa menyelesaikan penelitian ini.
4. Ibu Sri Herwiningsih, S.Si., M.App.Sc, Ph.D yang telah bersedia menjadi penguji dalam penelitian ini.
5. Bapak Mauludi Ariesto Pamungkas, M.Si., Ph.D yang telah bersedia menjadi penguji dalam penelitian ini.

6. Seluruh Staf Dosen dan Staf Administrasi Program Studi Magister Fisika FMIPA Universitas Brawijaya.

Akhir kata penulis memohon saran dan kritik untuk perbaikan penelitian ini dan semoga hasil penelitian dapat bermanfaat bagi masyarakat dan ilmu pengetahuan.

Malang 02 Juni 2019

Penulis



Daftar Isi

Halaman Judul	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
IDENTITAS TIM PENGUJI	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
BIODATA PENULIS	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
Kata Pengantar	viii
Daftar Isi	x
Daftar Gambar	xii
Daftar tabel	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Radiasi Sinar-X	5
2.2 Kualitas Radiografi	6
2.2.1 Definisi Kualitas Radiografi	6
2.2.3. Faktor Objek	7
2.2.4 Faktor Paparan	8
2.3 Dosimetri dan Proteksi Radiasi	9
2.3.1. Dosimetri	9
2.3.2 Proteksi Radiasi	10
2.4 Radiografi digital	12
2.5 Indeks Paparan Radiografi	13
2.6 Anatomi Thoraks	15
2.7 Teknik Pemeriksaan Thoraks PA (<i>Posterior Anterior</i>)	17

2.8 Indeks Massa Tubuh	19
2.9 Diagnostic Relevance Levels.....	20
BAB III KERANGKA KONSEP	21
BAB IV METODE PENELITIAN	23
4.1 Waktu dan Tempat Penelitian	23
4.2 Alat dan Bahan.....	23
4.2.1 Pesawat Sinar-X	23
4.2.2 Pencetak gambar	24
4.2.3 <i>Thermoluminescent dosimeter</i> (TLD)	24
4.2.4 Alat ukur Indeks Massa Tubuh	24
4.3 Populasi dan Sampel.....	25
4.3.1 Populasi	25
4.3.2 Sampel.....	25
4.4 Prosedur Penelitian	26
4.4.1 Langkah Penelitian	26
4.4.2 Persiapan dan pengambilan sampel radiasi	26
4.4.3 Pembacaan Indeks Paparan	24
4.4.4 Pengukuran <i>Ekstrance Surface Dose</i> (ESD)	28
4.5 Analisis data	28
4.6 Etika Penelitian	28
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	33
5.1 Hubungan Indeks Massa Tubuh (IMT) dan Ketebalan Dada	33
5.2 Dosis Radiasi Permukaan Pemeriksaan Thoraks <i>Postero Anterior</i>	35
5.3 Hubungan Dosis Radiasi Permukaan Dan Indeks Paparan (S-Value).....	37
5.4 Analisis Indeks Paparan (<i>S-Value</i>) Terhadap Proteksi Radiasi Pasien.....	39
BAB VI PENUTUP	48
6.1 Kesimpulan	48
6.2 Saran	49
DAFTAR PUSTAKA	xiv
Lampiran	xvi

Daftar Gambar

Gambar 2.1 Atenuasi intensitas radiasi setelah melalui bahan 6

Gambar 2.2 TFT Active Matrix Array (AMA) 12

Gambar 2.3 Posisi Pasien (Bontrager, 2011)..... 20

Gambar 3.1 Kerangka Konsep Penelitian 21

Gambar 4.1 Pesawat sinar-x yang dilengkapi digital radiografi 23

Gambar 4.2 Printer radiografi Fujifilm Drypic 24

Gambar 4.3 Diagram alir penelitian 27

Gambar 4.4 Pemasangan keeping TLD 28

Gambar 5.1 Grafik hubungan antara IMT (kg/m^2) dan ketebalan dada (cm) kelompok sampel A sampai dengan D / 32

Gambar 5.2 Grafik hubungan IMT (kg/m^2) dan ESD (mSv) pada kelompok sampel A..... 34

Gambar 5.3 Grafik hubungan IMT (kg/m^2) dan ESD (mSv) pada kelompok sampel B..... 35

Gambar 5.4 Grafik hubungan IMT (kg/m^2) dan ESD (mSv) pada kelompok sampel C..... 35

Gambar 5.5 Grafik hubungan IMT (kg/m^2) dan ESD (mSv) pada kelompok sampel D..... 35

Gambar 5.6 Grafik hubungan antara dosis radiasi permukaan (ESD) dengan Indeks Paparan (*S-Value*) 38

Gambar 5.7 Skema pengukuran FFD, FOD dan ketebalan obyek 42

Gambar 5.8 Grafik hubungan ESD (mSv), indeks paparan (*S-Value*) dan batas panduan dosis radiasi BAPETEN 46

Daftar Tabel

Tabel 2.1 Kategori indeks massa tubuh 18

Tabel 4.1 Parameter pemeriksaan radiografi thoraks posteroanterior 26

Tabel 5.1 Nilai ESD pemeriksaan thoraks posteroanterior 33

Tabel 5.2 Nilai Indeks paparan (*S-Value*) pemeriksaan Thoraks *postero Anterior* 35



BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sinar-X merupakan salah satu radiasi pengion dengan panjang gelombang 0,01 nm dan mempunyai energi 120 eV sampai 120 KeV. Sejak ditemukannya sinar-X oleh William Conrad Roentgen pada tahun 1895 sinar-X menjadi suatu bagian yang tidak terpisahkan dari suatu pelayanan kesehatan, dan saat ini hampir di semua fasilitas kesehatan dapat dipastikan mempunyai pesawat sinar-X, tercatat oleh BAPETEN sampai bulan April 2015 ada 5981 pesawat sinar-X untuk pemeriksaan radiografi konvensional (BAPETEN, 2016b).

Salah satu pemeriksaan radiografi konvensional yang sering dilaksanakan yaitu pemeriksaan radiologi thoraks. Thoraks merupakan suatu kerangka yang membentuk rongga yang terletak di atas rongga perut yang ditempati sistem pernafasan bagian bawah *esophagus*, paru-paru juga sistem peredaran darah yaitu jantung, pembuluh darah dan saluran limfe (Bontrager, 2014; Pearce, 2011).

Pemeriksaan radiologi thoraks *postero anterior* merupakan suatu pemeriksaan yang sangat penting untuk menilai jantung dan kelainan sistem pernafasan bagian bawah, pada bulan Januari 2016 tercatat kurang lebih ada 156,723 penderita tubercolosis, 503,738 penderita pneumonia (KEMENKES, 2016; Rasad, 2010).

Pada pemeriksaan radiologi thoraks dosis radiasi terhadap pasien harus memperhatikan konsep *As Low As Reasonably Achievable* (ALARA) yaitu untuk menjaga dosis radiasi tetap rendah dengan tetap menjaga kualitas gambar untuk memberikan informasi yang diperlukan untuk mendapatkan diagnosis yang akurat

(Seibert, 2011). BAPETEN selaku badan pengawas telah mengeluarkan panduan dosis radiasi pada pasien untuk menjamin proteksi radiasi pada pasien (BAPETEN, 2011).

Sejalan dengan perkembangan teknologi digital, sistem pembentukan gambar radiografi juga mengalami perkembangan dengan mulai ditinggalkannya radiografi konvensional dan digantikan dengan proses radiografi digital. Pada radiografi digital citra dihasilkan dengan menggunakan *Active Matrix Array* (AMA) dan *storage phosphorus plate* atau biasa disebut *imaging plate* sebagai ganti film dan digunakan *scanner* khusus untuk mengkonversi citra tersebut menjadi data digital (Kumianto, 2013).

Namun radiografi digital mempunyai kekurangan yaitu pada faktor paparan yang terlalu rendah akan menyebabkan meningkatnya derau atau *noise* dan menurunkan detail citra radiograf, sedangkan penggunaan faktor eksposi yang tinggi akan menurunkan *noise* dan meningkatkan detail citra. Hal ini memicu sebagian besar teknisi radiografi untuk menggunakan faktor eksposi tinggi untuk mendapatkan citra yang bagus, namun hal tersebut dapat menimbulkan potensi meningkatnya paparan radiasi pada pasien (Mothiram, 2014).

Untuk menghindari meningkatnya paparan radiasi dan menjaga kualitas gambar produsen peralatan radiografi mengembangkan indeks paparan. Indeks paparan digunakan untuk menunjukkan kecepatan relatif dan sensitivitas reseptor digital sinar-X serta memberikan umpan balik kepada teknisi radiologi mengenai teknik radiografi yang tepat, untuk mendapatkan citra yang optimal dari segi kualitas dan dosis rendah yang sesuai untuk pasien (Seibert, 2011).

Penelitian lain tentang indeks paparan juga telah dilakukan oleh Irrera (2016), dalam penelitian tersebut dilakukan untuk memberikan masukan metode evaluasi nilai indeks paparan radiografi digital pada kepala, tulang belakang thoraks, paru-paru, tulang belakang lumbal, panggul, femur, lutut, tibia, namun dalam penelitian tersebut belum melakukan evaluasi pada dosis radiasi pasien.

Evaluasi dosis radiasi pasien menjadi hal yang sangat menarik untuk dibahas karena peningkatan dosis pada paparan medis sangat tinggi, antara tahun 2000 sampai 2008 terjadi peningkatan pemeriksaan radiologi diagnostik diseluruh dunia lebih dari 60% dan peningkatan dosis efektif kolektif sebesar 74% (Hiswara, 2015). Oleh karena itu *American Association of Physicists in Medicine* (AAPM) mengeluarkan rekomendasi *Diagnostic Reference Levels* (DRLs) sebagai usaha dari peningkatan proteksi radiasi pasien pada beberapa pemeriksaan radiologi diagnostik.

Berdasarkan studi pendahuluan oleh Hermawan yang dilakukan pada bulan Agustus 2017 terhadap 15 fasilitas kesehatan di Jawa Timur yang menggunakan radiografi digital belum ditemukan peralatan radiografi yang memperkirakan dosis radiasi pada pasien yang didapatkan studi tersebut yaitu setiap peralatan radiografi tersebut menampilkan indeks paparan untuk setiap pemeriksaan radiografi. Oleh karena itu pada penelitian ini peneliti ingin melakukan analisa terhadap indeks paparan radiografi digital pada pemeriksaan radiografi thoraks *postero anterior* sebagai upaya optimasi proteksi radiasi pada pasien.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang diambil pada penelitian ini adalah bagaimana nilai indeks paparan radiografi digital pada pemeriksaan radiologi thoraks *postero anterior* sebagai upaya peningkatan proteksi radiasi pasien ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini yaitu menganalisis nilai indeks paparan radiografi digital pada pemeriksaan radiologi thoraks *postero anterior* sebagai upaya peningkatan proteksi radiasi pasien.

1.4 Manfaat Penelitian

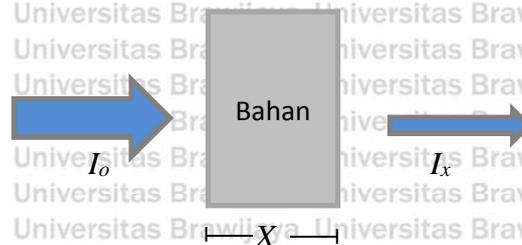
1. Memberikan masukan tentang peningkatan teknik pemeriksaan radiologi thoraks *postero anterior*.
2. Memberikan informasi tentang manfaat penggunaan indeks paparan terhadap kualitas citra radiografi sebagai upaya peningkatan proteksi radiasi pasien.
3. Dapat menjadi masukan untuk penentuan *Diagnostic Reference Levels* (DLRs) di Indonesia.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Radiasi Sinar-X

Wilhelm Conrad Rontgen seorang ahli fisika di Universitas Wurzburg Jerman yang pertama kali menemukan sinar-X pada tahun 1895. Pada waktu melakukan eksperimen dengan sinar katoda dan melihat timbulnya sinar fluoresensi yang berasal kristal barium platinosianida dalam tabung Crookes-Hittorf yang dialiri listrik. Kemudian dia melanjutkan penelitiannya dan menemukan sinar yang disebutnya sebagai sinar baru atau sinar-X, kemudian orang menamakan sinar tersebut sinar Rontgen sebagai penghormatan kepada Wilhelm Conrad Rontgen (Rasad, 2010).

Sinar-X adalah pancaran gelombang elektromagnetik yang sejenis dengan gelombang panas, radio, cahaya dan sinar ultraviolet tetapi dengan panjang gelombang yang sangat pendek. Sinar-X bersifat heterogen radiasi sinar-X merupakan gelombang elektromagnetik tidak bermassa dan tidak bermuatan, sehingga interaksinya dengan materi sangat kecil. Salah satu sifat sinar-X yaitu mempunyai daya tembus yang lebih tinggi dari pada cahaya tampak, dan dapat menembus tubuh manusia, kayu, beberapa lapis logam tebal. Walaupun begitu, intensitas radiasi sinar-X setelah melalui bahan dengan tebal tertentu akan mengalami penurunan (atenuasi) (Ball, 1996).



Gambar 2.1 : Atenuasi intensitas radiasi setelah melalui bahan (Ball, 1996)

, mengikuti persamaan 2.1.

$$I_x = I_0 \cdot e^{-\mu x} \quad 2.1$$

I_x = Intensitas radiasi setelah melalui bahan setebal X

I_0 = Intensitas radiasi sebelum mengenai bahan

μ = Koefisien serap bahan

Foton sinar-X dihasilkan ketika elektron berkecepatan tinggi yang berasal dari katoda menabrak target pada anoda. Elektron – elektron dari katoda ini berasal dari pemanasan filamen (lebih dari 2000°C), sehingga pada filamen ini akan terbentuk awan elektron. Elektron – elektron dari katoda ini akan bergerak cepat menabrak bidang target (anoda) akibat diberikannya tegangan tinggi atau beda potensial antara katoda dan anoda. Dari hasil tabrakan tersebut menghasilkan foton sinar-X lebih kurang 1% dan sisanya 99% berupa energi panas.

2.2 Kualitas Radiografi

2.2.1 Definisi Kualitas Radiografi.

Kualitas Radiografi atau mutu gambar secara radiografi biasa diartikan sebagai kemampuan suatu gambar radiografi memperlihatkan struktur anatomi secara jelas dari organ tubuh yang diperiksa. Suatu radiograf yang benar-benar mampu menampilkan gambaran struktur anatomi dan jaringan-jaringan, dikatakan

sebagai radiograf berkualitas tinggi atau "*high-quality radiograph*" demikian pula sebaliknya atau biasa disebut dengan "*poor-quality radiograph*".

2.2.2 Kualitas Gambar Radiografi

Kualitas gambar radiografi kedokteran sangat kompleks dan konsep dasarnya akan selalu menjadi bahan diskusi yang menarik. Konsep ini mencakup tipe-tipe yang bermakna pada target maupun temuan yang menjelaskan terjadinya latar belakang anatomi mengapa itu bisa terjadi. Parameter fisik dalam sistim radiografi yang dinilai dalam kualitas radiografi meliputi densitas, kontras dan visibilitas/detail berperan dalam membedakan gambaran akhir radiografi dan tidak hanya berpengaruh pada kondisi kelainan yang ditemukan tetapi juga pada gambaran anatomi normal (Vyborny, 1997). Dari segi teknik kualitas radiografi sangat tergantung pada aspek fotoradiografi dan geometrik, secara umum dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti faktor film, faktor geometrik dan faktor obyek yang diperiksa (Aichinger, 2012).

2.2.3. Faktor Obyek

Faktor obyek terdiri dari kontras dan pergerakan obyek. Pada teknik radiografi yang tepat, pertimbangan ukuran, ketebalan, bentuk, komposisi tubuh dan posisi tubuh pasien mempengaruhi kontras radiografi selain kontras film dan faktor eksposi (Aichinger, 2012).

Struktur di dalam tubuh bervariasi tidak hanya berbeda secara fisik tetapi juga dalam ukuran. Setiap metode pencitraan memiliki batas untuk objek terkecil yang dapat dicitrakan dan visibilitas detail. Visibilitas detail terbatas karena adanya pengkaburan selama proses pencitraan. Disamping itu perubahan faktor eksposi dapat berpengaruh terhadap intensitas radiasi, yang tentunya akan

berpengaruh pula terhadap densitas radiograf yang dihasilkan dan dosis radiasi (Fahmi, 2008).

2.2.4 Faktor Paparan

Menurut (Meredith, 2010) jumlah radisi sinar-X yang ditangkap film dipengaruhi juga faktor paparan meliputi:

a. Tegangan tabung (kV)

Jika tegangan tabung dinaikkan maka intensitas sinar-X yang dihasilkan juga meningkat, yang akan meningkatkan energi sinar-X. Energi sinar-X meningkat maka kemampuan menembus bahan akan tinggi sehingga sinar-X yang sampai ke film pun akan meningkat. Jadi dengan meningkatkan tegangan tabung maka akan meningkatkan intensitas radiasi dengan demikian densitas akan meningkat.

b. Arus tabung (mA)

Meningkatkan arus tabung pada pesawat sinar-X akan meningkatkan jumlah elektron yang bergerak ke katoda menuju anoda. Dengan demikian sinar-X yang dihasilkan semakin banyak dan akan meningkatkan densitas.

c. Waktu eksposi (s)

Waktu eksposi adalah lamanya sinar-X keluar dari tabung dengan menaikkan waktu eksposi maka densitas yang dihasilkan akan meningkat dan dengan waktu eksposi yang lama akan menyebabkan sinar-X yang ditangkap film semakin banyak.

2.3 Dosimetri dan Proteksi Radiasi

2.3.1. Dosimetri

Dosimetri adalah suatu besaran dosis radiasi, satuan tiap besaran dosis, dan penerapannya dalam proteksi radiasi yang berkaitan dengan penentuan Nilai Batas

Dosis (NBD) biasanya disebut sebagai dosimetri. Di samping itu, dosimetri merupakan kegiatan pemantauan dosis radiasi yang didasarkan pada ionisasi oleh radiasi. Dosis radiasi yang dinyatakan sebagai dosis efektif dan dosis ekuivalen adalah indikator untuk menunjukkan pengaruh radiasi pada organ, serta pembatasan dosis untuk menghindari efek deterministik pada organ itu. Dosis yang dimaksud merupakan kuantisasi proses yang ditinjau sebagai akibat interaksi radiasi yang mengenai materi dengan ruang lingkup sebagai berikut:

a. Dosis Serap

Sejumlah energi yang dipancarkan oleh radiasi pada bahan atau banyaknya energi yang diserap oleh bahan pada setiap satuan massa bahan/obyek yang menerima radiasi biasa disebut sebagai dosis serap. Jadi dosis serap menunjukkan ukuran banyaknya energi yang diterima bahan/obyek akibat radiasi pengion yang diterima bahan/obyek tersebut. Dosis serap hanya bergantung pada energi radiasi pada tiap satuan massa bahan yang menerima radiasi.

b. Dosis Ekuivalen

Apabila suatu dosis serap yang sama dari 2 radiasi berbeda dikenakan pada suatu obyek, maka akan menimbulkan efek berbeda pada obyek tersebut.

Jadi efek radiasi pada obyek dipengaruhi oleh kualitas (jenis dan energi) radiasinya (W_R). *International Commission on Radiological Protection*(ICRP)

melalui publikasi Nomor 60 Tahun 1990, memperkenalkan kualitas radiasi dalam bentuk faktor bobot radiasi. Faktor bobot tersebut dipublikasikan setelah dilakukan beberapa kali penelitian tentang beberapa jenis radiasi.

c. Dosis Efektif

Efek radiasi juga dipengaruhi oleh sensitifitas organ dalam menerima radiasi. Jadi, pada dosis ekivalen sama, efek yang timbul pada masing-masing organ berbeda tergantung faktor bobot organ yang menunjukkan sensitifitas organ. Dosis efektif H_E yang diterima organ ditentukan dengan perkalian dosis ekivalen H_T terhadap faktor bobot organ W_T . Jadi W_T adalah perbandingan dosis efektif H_E terhadap dosis ekivalen H_T yang diterima organ tersebut, yang ditunjukkan dengan persamaan:

$$W_T = \frac{H_E}{H_T} \dots\dots\dots 2.2$$

2.3.2 Proteksi Radiasi

Proteksi radiasi adalah tindakan yang dilakukan untuk mengurangi pengaruh radiasi yang merusak akibat paparan radiasi (Peraturan Pemerintah Nomer 63 Tahun 2000), dan pemanfaatan radiasi diharuskan mengikuti semua peraturan yang diterbitkan oleh Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN). Hal ini perlu dilakukan untuk proteksi radiasi yang bertujuan untuk keselamatan dan kesehatan pekerja, masyarakat dan lingkungan hidup, termasuk semua instalasi yang dalam kegiatan sehari-harinya memanfaatkan sumber radiasi yang dapat mengakibatkan penerimaan dosis radiasi tertentu. Semua tindakan untuk

mengurangi pengaruh merusak radiasi terhadap manusia akibat pemanfaatan teknologi nuklir, juga disebut proteksi radiolog (BATAN, 2014)

Filosofi proteksi radiasi ditetapkan oleh komisi internasional untuk proteksi radiasi *International Commission on Radiological Protection (ICRP)* dalam suatu pernyataan yang mengatur pembatasan dosis radiasi, yang intinya sebagai berikut, suatu kegiatan tidak akan dilakukan kecuali mempunyai keuntungan yang positif dibandingkan dengan risiko, yang dikenal sebagai azas justifikasi. Paparan radiasi diusahakan pada tingkat serendah mungkin yang bisa dicapai sesuai dengan konsep *as low as reasonably achievable (ALARA)* dengan mempertimbangkan faktor ekonomi dan sosial, yang dikenal sebagai azas optimasi, Dosis perorangan tidak boleh melampaui batas yang direkomendasikan oleh *International Commission on Radiological Protection (ICRP)* untuk suatu lingkungan tertentu, yang dikenal sebagai azas limitasi (BAPETEN, 2011; BATAN, 2014)

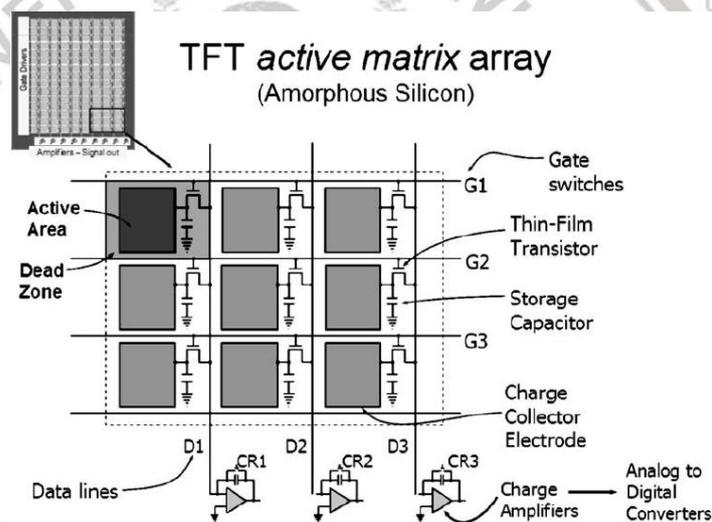
Setiap pemeriksaan Radiologi yang dilakukan untuk keperluan pekerjaan, legal, atau asuransi kesehatan tanpa indikasi klinis tidak diperbolehkan, kecuali diperlukan untuk memberi informasi penting mengenai kesehatan seseorang yang diperiksa atau proses pembuktian atas terjadinya suatu pelanggaran hukum (BAPETEN, 2011)

Persyaratan Proteksi Radiasi sebagaimana dimaksud dalam perka BAPETEN No 8 Tahun 2011 Pasal 10 meliputi, justifikasi penggunaan pesawat sinar-X, limitasi Dosis dan penerapan optimisasi proteksi dan keselamatan radiasi.

2.4 Radiografi digital

Digital radiografi adalah sebuah bentuk pencitraan sinar-X, dimana sensor-sensor sinar-X digital digunakan menggantikan film fotografi konvensional. Dan processing kimiawi digantikan dengan sistem komputer yang terhubung dengan monitor atau laser printer.

Awal perkembangannya digital radiografi menggunakan CsI Scintillation Phosphor *Active Matrix Array* (AMA) yang menghasilkan plat panel reseptor gambar dengan ukuran yang hampir sama dengan screen konvensional. Sinyal analog yang ditangkap akan dikonversi dalam bentuk digital (Bushong, 2007)



Gambar 2.2 : TFT *Active Matrix Array* (AMA) (Seibert, 2011).

Keuntungan dari sisten radiografi digital adalah spasial resolusi, dimana spasial resolusi pada radiografi konvensional yaitu 100 μ perobjek sedangkan untuk radiografi digital sekitar 500 μ , hal ini berdampak pada dinamik range yang lebih lebar pada radiografi digital.

2.5 Indeks Paparan Radiografi

Exposure Index atau Indeks paparan atau Indeks eksposur (IE) adalah ukuran dari jumlah paparan yang diterima oleh reseptor gambar. Indeks paparan merupakan indikasi dari kualitas gambar. produsen peralatan menyediakan berbagai IE yang direkomendasikan untuk kualitas gambar yang optimal (Bushong, 2007).

Indeks paparan (IE) radiografi digital telah digunakan untuk menunjukkan kecepatan relatif dan sensitivitas reseptor digital sinar-X memberikan indikasi paparan untuk gambar reseptor dan indeks deviasi (DI), untuk memberikan umpan balik kepada teknolog mengenai teknik radiografi yang tepat untuk mencapai suatu gambar yang optimal dari segi kualitas yang tepat dan dosis rendah yang sesuai untuk pasien (Bontrager, 2014; Bushong, 2007).

Setiap produsen peralatan radiografi digital mempunyai standar indeks paparan yang berbeda Agfa mempunyai *logarithm of the median of the histogram* (LGM), Philip dan Kodak menggunakan *exposure index* (EI), Siemen menggunakan *exposure index* (EXI) dan Fuji menggunakan *sensitivity number* (S). Faktor yang dapat mempengaruhi nilai Indeks paparan antara lain ukuran pasien, jarak sumber dan reseptor, ukuran lapangan penyinaran, titik bidik, ukuran *image plate*, faktor paparan dan kebanyakan sistem menggunakan analisis histogram untuk menghitung nilai pixel rata-rata (Butler, 2010; Prokop, Neitzel U, 2003)

Upaya untuk membakukan indeks paparan untuk telah diprakarsai oleh *International Elechtronical Commission* (IEC) dan *American Association of Physicists in Medicine* (AAPM) dengan patisipan fisika medis dari seluruh dunia

dan perwakilan dari berbagai produsen radiografi digital, standar yang digunakan yaitu dengan memasukan indeks paparan target (IE_T), nilai indeks deviasi (DI) dan indeks paparan (IE) dengan memasukan pada persamaan 2.3 yang memberikan umpan balik pada teknolog mengenai teknik dan kualitas gambar (Irrera, 2016).

$$DI = 10 \text{ Log}_{10} \left(\frac{IE}{IE_T} \right) \quad \dots \quad 2.3$$

Indeks Paparan Target (IE_T) diambil dari hasil paparan radiasi sinar-X langsung pada reseptor gambar, sedangkan nilai Indeks Paparan (IE) diperoleh dari perhitungan antara C_0 yang mempunyai nilai tetap $100 \mu\text{Gy}^{-1}$ berdasarkan standar *International Commission on Radiological Protection* (ICRP), faktor kalibrasi (g) dan Kerma pada udara (v) sesuai dengan persamaan 2.4 (Irrera, 2016).

$$EI = C_0 g(v) \quad \dots \quad 2.4$$

2.6 TLD (*Dosimeter Termoluminesensi*)

Dosimeter Termoluminisensi (TLD) merupakan dosimeter perorangan dengan pembacaan tidak langsung. Dosimeter ini terbuat dari bahan fosfor, jika terkena radiasi pada temperatur normal, elektron-elektron bebas yang terjadi akan terperangkap dalam kisi-kisi dalam bentuk cacat dengan kondisi yang relatif tidak stabil material penyusun berupa kristal anorganik termoluminisensi seperti CaSO_4 , LiF , dan CaF_2

TLD bekerja berdasarkan prinsip eksitasi elektron oleh radiasi pengion, diikuti dengan proses perangkap dan pelepasan elektron yang terperangkap pada material dosimeter ketika dilakukan pemanasan, dan menyebabkan pancaran cahaya yang jumlahnya sebanding dengan dosis radiasi pengion yang diterima oleh bahan TLD

Keping TLD perlu dikalibrasi untuk mengetahui faktor kalibrasinya. keping yang dikalibrasi akan menghasilkan kurva kalibrasi yang menunjukkan perbandingan antara dosis radiasi dengan bacaan intensitas termoluminisensi, yang disebut dengan faktor kalibrasi. Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan diketahui bahwa hubungan antara dosis radiasi dengan hasil bacaan intensitas TL pada TLD linier dengan *error* maksimal 8% dan regresi 0,98 untuk nilai dosis rendah hingga tinggi (Yuliati dan Akhadi, 2004; Syaifudin dkk., 2006; Murthy dan Reddy, 2008).

Evaluasi dosis pada TLD cukup digunakan satu faktor kalibrasi dari beberapa penyinaran yang telah diketahui dosisnya. Untuk kegiatan penelitian, kalibrasi raktis pemantaan dosis perorangan, kalibrasi TLD dapat dilakukan dengan menyinari TLD dengan dosis tunggal (Bakshi dkk., 2007; Kurnia dkk., 2008).

2.6 Anatomi Thoraks

Thoraks adalah daerah tubuh yang terletak antara leher dan abdomen. Di superior Thoraks berhubungan dengan leher melalui aperture thoracic superior dan di inferior dipisahkan dari abdomen oleh diafragma (Cameron, 2006)

Rangka dada atau Thoraks terdiri dari tulang dan tulang rawan. *Thorak* tersusun atas 12 vertebra *thorakal*, 12 pasang iga dan sebuah tulang sternum. Enam iga yang teratas bersendi langsung dengan vertebra *thorakal* disebelah posterior dan dengan sternum di sebelah anterior. Di dalam rongga Thoraks terdapat rongga *pleura* kanan dan kiri, paru-paru kanan dan kiri, serta mediastinum. Mediastinum adalah ruang di dalam rongga dada antara kedua paru-paru yang berisi jantung dan pembuluh-pembuluh darah besar, *oesofagus*, *duktus torasikus*, *aorta descendens* dan *vena kava superior*, saraf *vagus* dan *frenikus* serta sejumlah besar kelenjar *limfe* (Pearce, 2011)

Paru-paru adalah organ berbentuk piramid seperti spons dan berisi udara, terletak dalam rongga Thoraks. Paru kanan memiliki tiga *lobus* dan paru kiri memiliki dua *lobus* (Bontrager, 2014). Paru merupakan bagian dari sistem pernapasan yang sebagian besar terdiri dari gelembung-gelembung (*alveoli*). Gelembung *alveoli* ini terdiri dari sel-sel epitel dan endotel. Di *alveoli* inilah terjadi pertukaran udara, O₂ masuk ke dalam darah dan CO₂ dikeluarkan dari darah sebelum ke jantung untuk kembali diedarkan ke seluruh tubuh (Pearce, 2011).

Paru terletak pada rongga thoraks yang dibungkus oleh *pleura*. *Pleura* dibagi menjadi dua yaitu *pleura* viseral yang langsung membungkus paru dan *pleura* parietal yaitu selaput yang melapisi rongga dada sebelah luar. Antara kedua *pleura* ini terdapat rongga yang disebut *cavum pleura* (Pearce, 2011).

Pernapasan melalui paru-paru atau pernapasan eksterna, oksigen diambil melalui hidung dan mulut, pada waktu bernapas, oksigen masuk melalui trakhea

dan pipa *bronkhial* ke *alveoli* dan dapat erat hubungan dengan darah di dalam kapiler pulmonaris (Bontrager, 2014).

Paru-paru mengisi rongga dada, terletak di sebelah kanan, kiri dan di tengah dipisahkan oleh jantung beserta pembuluh darah besar dan struktur lainnya yang terletak di dalam mediastinum. Pembuluh darah dalam paru-paru terdiri dari arteri pulmonalis yang membawa darah yang sudah tidak mengandung oksigen dari ventrikel kanan jantung ke paru-paru. Cabang-cabang arteri pulmonalis menyentuh saluran-saluran bronkhial, bercabang dan bercabang lagi menjadi arteriola halus, arteriola itu membelah dan membentuk jaringan kapiler. Kapiler paru-paru bersatu menjadi pembuluh darah lebih besar dan akhirnya dua vena pulmonalis meninggalkan paru-paru membawa darah berisi oksigen ke atrium kiri jantung untuk di distribusikan ke seluruh tubuh melalui aorta (Pearce, 2011).

2.7 Teknik Pemeriksaan Thoraks PA (*Posterio Anterior*)

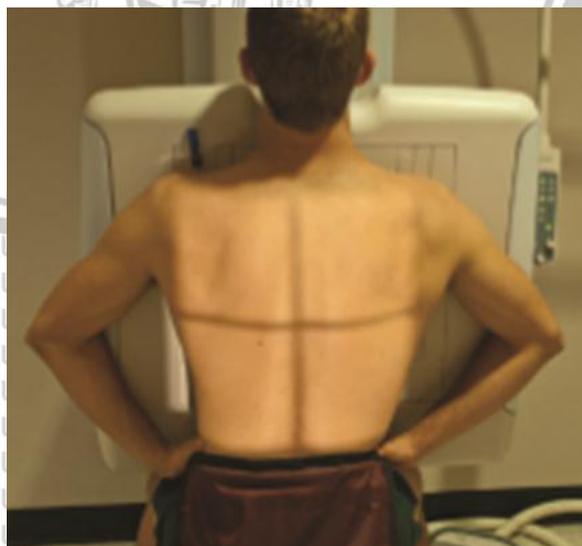
Teknik pemeriksaan radiografi thoraks postero anterior adalah tatacara pemeriksaan radiografi thoraks dengan posisi arah sinar datang dari belakang tubuh pasien adapun tahapan pemeriksaan ini yaitu yang pertama identifikasi dengan cara memastikan bahwa tindakan yang akan dilakukan tepat, standar tindakan identifikasi yaitu mengecek surat permintaan foto sesuai dengan nama, alamat, usia pasien, jenis pemeriksaan dan klinis yang menyertai. (Bontrager, 2011)

Setelah dilakukan identifikasi pasien selanjutnya disiapkan peralatan yang akan digunakan meliputi: pesawat sinar-X, penangkap gambar (*image receptor*),

penanda anatomi (*Marker*), *Grid* (*bucky stand*). Selanjutnya persiapan pasien yaitu perlu melepas semua benda-benda disekitar dada agar tidak mengganggu hasil radiograf, seperti kalung, kancing baju logam, resleting, dan lain-lainnya.

Setelah itu pasien diposisikan berdiri menghadap *bucky stand* atau membelakangi *tube* sinar-x dan kedua kaki dirapatkan, dagu dinaikkan dan menempel disisi atas *bucky stand* yang mencekung, kedua tangan dibelakang, punggung telapak tangan diletakkan ke pinggang dan *elbow* difleksikan, kedua bahu beserta kedua tangan dirotasi kedalam (kedepan) hingga menempel *bucky stand*, ini bertujuan agar skapula membuka dan tidak menutupi lapangan paru.

Posisi obyek yaitu thoraks diatur *mid sagital plane* pasien ditengah dan tegak lurus terhadap *bucky stand*, dan harus dipastikan tidak ada rotasi pada bagian bahu pasien. Atur batas atas kaset adalah *vertebra prominens* pada cervical ke-7, dengan arah sinar horisontal tegak lurus terhadap kaset. Titik bidik pada MSP (*Mid Sagital Plane*) selevel *vertebrae thoracal* ke-7 (Bontrager,2011; Clak, 2013), seperti terlihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Posisi Pasien (Bontrager, 2011)

2.8 Indeks Massa Tubuh

Indeks massa tubuh (IMT) adalah nilai yang diambil dari perhitungan antara berat badan (BB) dan tinggi badan (TB) seseorang. IMT dipercayai dapat menjadi indikator atau menggambarkan kadar adipositas dalam tubuh seseorang. IMT tidak mengukur lemak tubuh secara langsung, tetapi penelitian menunjukkan bahwa IMT berkorelasi dengan pengukuran secara langsung lemak tubuh seperti *underwater weighing* dan *dual energy x-ray absorptiometry*. IMT merupakan alternatif untuk tindakan pengukuran lemak tubuh karena murah serta metode skrining kategori berat badan yang mudah dilakukan. Untuk mengetahui nilai IMT dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$IMT = \frac{\text{Berat badan (Kg)}}{[\text{Tinggi badan (m)}]^2} \dots\dots\dots 2.5$$

Sedangkan untuk kategori indeks massa tubuh menurut Departemen Kesehatan diklasifikasikan sebagai berikut :

Tabel 2.1 Kategori indeks massa tubuh (Depkes, 2011)

Klasifikasi	Kategori	IMT
Kurus	Kekurangan berat badan tingkat berat	< 17,0
	Kekurangan berat badan tingkat ringan	17,0 – 18,4
Normal	Normal	18,5 – 25,0
Gemuk	Kelebihan berat badan tingkat ringan	25,1 – 27,0
	Kelebihan berat badan tingkat berat	> 27,0

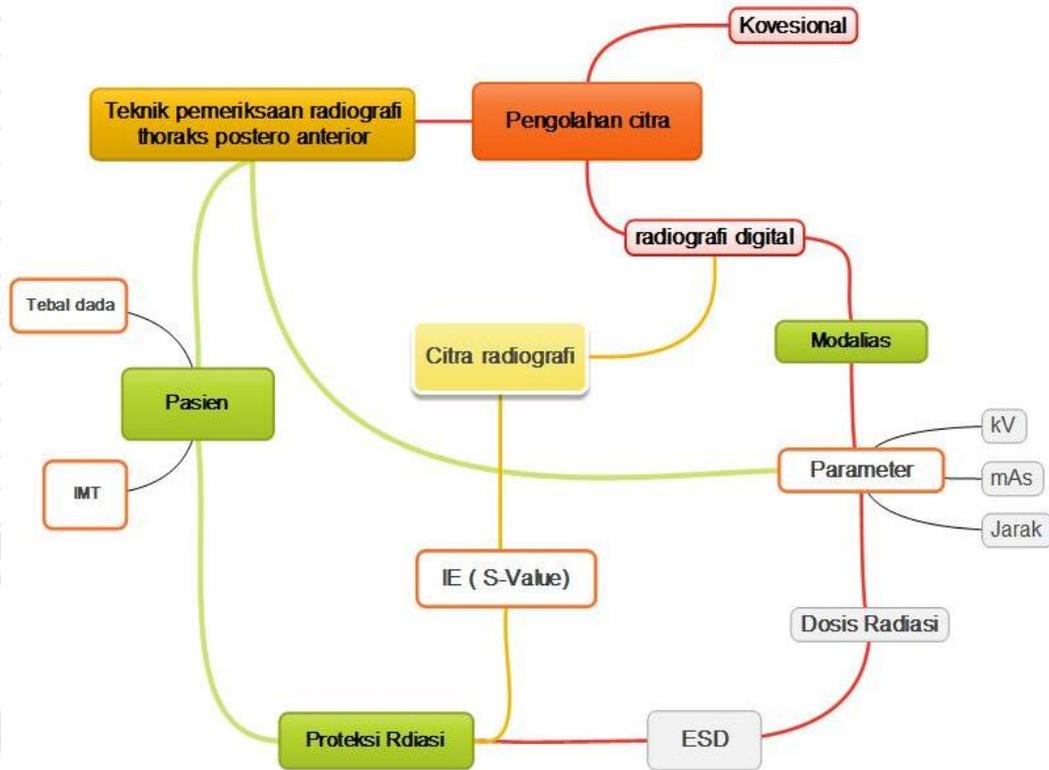
2.9 Diagnostic Reverence Levels

Diagnostik Reverence Levels (DRLs) merupakan tingkat panduan untuk paparan medik yang bertujuan menjadi panduan suatu pemeriksaan radiasi medis yang telah diperkenalkan dan direkomendasikan pada publikasi 73 oleh ICRP tahun 1996 yang bertujuan untuk mengidentifikasi penggunaan radiasi yang berlebihan untuk paparan medis dan telah diadopsi di Indonesia dengan keluarnya Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 33 Tahun 2007 Tentang Keselamatan Radiasi Pengion dan Keamanan Sumber Radioaktif dan penjabarannya tertuang dalam Perka Bapeten nomer 8 tahun 2011 tentang Keselamatan Radiasi Dalam Penggunaan Pesawat Sinar-X Radiologi Diagnostik dan Intervensional pada lampiran ke- 4.

Nilai batasan dosis yang digunakan didapatkan pada pasien dewasa tertentu dengan menggunakan film-screen konvensional dalam kecepatan relatif 200 dan kombinasi film-screen kecepatan tinggi 400 – 600. Sedangkan menurut Vassileva (2015) tingkat referensi diagnostik bukan batas dosis. Sedangkan batas dosis adalah nilai dosis yang tidak boleh terlampaui, tingkat reverensi diagnostik dapat dilampaui untuk kebutuhan klinis tertentu. Tingkat reverensi diagnostik digunakan sebagai untuk mengidentifikasi jika fasilitas kesehatan menggunakan dosis berlebih dalam prosedur radiologis tertentu, yang diperlukan tindakan optimasi. Berbeda dengan batas dosis pekerjaan, tingkat referensi diagnostik tidak boleh berlaku untuk masing-masing pasien, sehingga perlu dibedakan berdasarkan usia, ukuran tubuh, dan berat badan dimana kondisi tertentu mungkin memerlukan dosis yang berbeda untuk pasien.

BAB III

KERANGKA KONSEP



Gambar. 3.1 Kerangka Konsep Penelitian

Pemeriksaan radiologi merupakan pemeriksaan yang paling banyak dilakukan di rumah sakit, untuk mendapatkan hasil diagnosa yang baik pemeriksaan harus dilakukan dengan menggunakan teknik yang baik. Untuk melindungi pasien dari dosis pemeriksaan yang berlebih.

Salah faktor untuk mendapatkan kualitas citra radiografi yang tinggi yaitu proses pembetulan citra radiografi. Proses pembetulan citra dalam radiografi terus mengalami perbaikan, film screen radiografi saat ini mulai ditinggalkan dan digantikan dengan digital radiografi yang mempunyai *dynamic range* yang lebih lebar, tetapi hal ini memicu sebagian besar teknisi radiografi untuk menggunakan

faktor paparan yang lebih tinggi untuk mendapatkan citra yang bagus, tetapi hal tersebut menimbulkan potensi meningkatnya paparan radiasi pada pasien jika dibiarkan (Mothiram, 2014).

Untuk menghindarkan paparan radiasi yang berlebih pemantauan dosis radiasi pasien harus diperhatikan, namun saat ini tidak semua fasilitas kesehatan memiliki alat untuk memantau dosis radiasi untuk pasien. salah satu yang dapat dilakukan evaluasi yaitu indeks paparan radiografi atau *Index exposure* (IE) dalam *Digital radiography Fujifilm* dinyatakan dalam nilai sensitifitas (*S-value*).

Indeks paparan memberikan umpan balik kepada teknisi radiologi tentang teknik radiografi yang tepat, untuk mendapatkan citra dan dosis rendah yang sesuai bagi pasien (Seibert, 2011).



BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dibagi menjadi tiga tahap yaitu pengambilan sampel radiasi, pembacaan dosis radiasi serta pengolahan dan analisis data. Pengambilan data dilakukan di Instalasi Radiologi RSUD Kanjuruhan Kapanjen Malang yang dilaksanakan mulai bulan Februari sampai dengan Maret 2018, sedangkan untuk pembacaan dosis radiasi akan dilaksanakan di laboratorium fisika medis Universitas Indonesia, selanjutnya dilakukan pengolahan dan analisis data.

4.2 Alat dan Bahan

4.2.1 Pesawat Sinar-X

- Merk : Shimadzu
- Tegangan Maksimum : 150
- Arus Maksimum : 500 mA



Gambar 4.1 Pesawat sinar-X yang dilengkapi digital radiografi.

4.2.2 Komputer Unit Digital Radiografi

Komputer unit digital radiografi digunakan untuk melakukan pengolahan gambar dan pembacaan indeks paparan radiografi adalah *direct radiography* (DR) fujifilm-system Fujifilm sedangkan untuk mencetak hasil pemeriksaan radiografi thoraks yang telah dilakukan menggunakan printer radiografi merek Fujifilm Drypic.



Gambar 4.2 Printer radiografi merek Fujifilm Drypic.

4.2.4 Keping *Themoluminisensi dosimeter* (TLD)

Themoluminisensi dosimeter (TLD) yang digunakan adalah keping kristal

Kalsium Sulfat (CaSO_4) dalam bentuk chip/kepingan berdiameter 13,3 mm dan 6,8 mm.

4.2.5 Alat ukur Indeks Massa Tubuh dan tebal dada

Untuk mengukur indeks massa tubuh dibutuhkan timbangan badan dan pengukur tinggi badan serta penggaris pelvimeter.

4.3 Populasi dan Sampel

4.3.1 Populasi

Populasi dalam penelitian ini yaitu pasien yang datang ke instalasi radiologi RSUD Kanjuruhan dengan membawa surat permintaan pemeriksaan radiologi thoraks *Postero Anterior*.

4.3.2 Sampel

Teknik sampling yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *Purposive Sampling* dengan kriteria inklusi pasien laki-laki dewasa umur 20 sampai 40 tahun, yang datang ke instalasi radiologi dengan membawa surat permintaan pemeriksaan sinar-X thoraks *postero anterior*, selanjutnya sampel dibagi menjadi 4 kelompok dan dilakukan pemeriksaan dengan masing-masing satu parameter pemeriksaan yang terbagi seperti pada tabel 4.1 pada masing-masing kelompok nantinya akan dilakukan evaluasi berdasarkan tingkat kurus, normal dan gemuk sesuai IMT (indeks massa tubuh). Pemilihan variabel indeks massa tubuh (IMT) dan ketebalan dada didasarkan variasi ukuran dan bentuk obyek pemeriksaan yang heterogen dari pasien, sedangkan parameter yang digunakan dapat dilihat pada

Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Parameter pemeriksaan radiografi thoraks *postero anterior*

kelompok	Tegangan tabung (kV)	Waktu paparan (s)	Arus tabung secon (mAs)
A	64	0,08	16
B	74	0,04	8
C	84	0,02	4
D	94	0,01	2

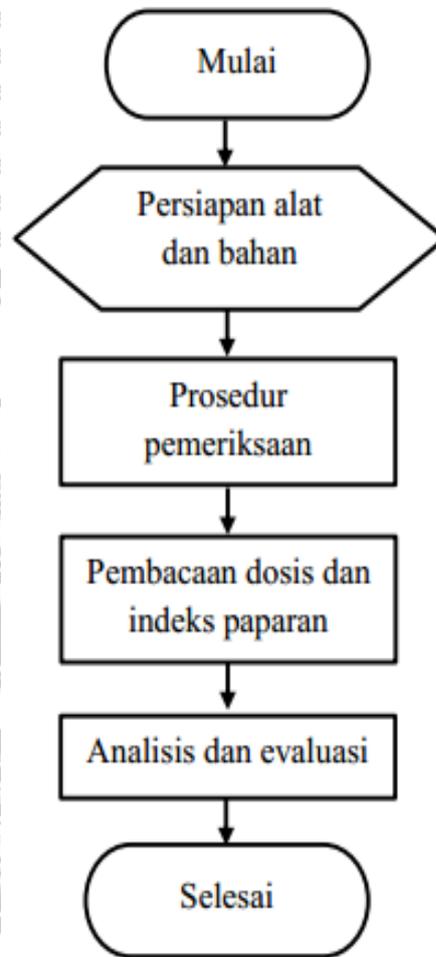
Parameter pemeriksaan diatas menggunakan terdapat variabel yang diatur tetap yaitu arus tabung 200 mA, jarak tabung ke reseptor gambar (FFD) dan titik bidik/ penempatan keping TLD setinggi thoracal ke-6. Pemilihan faktor paparan diatas didasarkan pada SOP pemeriksaan radiografi thoraks *postero anterior* RSUD Kanjuruhan No.12/rsud.kj/SOP/V/2013 sedangkan variasi arus tabung waktu dan tegangan tabung menggunakan "aturan 10 kV Rule" dimana untuk mendapatkan intensitas yang hampir sama maka ketika tegangan tabung dinaikkan sebesar 10 kV maka arus tabung second (mAs) harus diturunkan menjadi setengahnya dan sebaliknya (Rahman, 2009). Sedangkan kriteria eksklusi dalam penelitian ini yaitu pasien yang tidak bersedia menjadi sampel penelitian.

4.4 Prosedur Penelitian

Penelitian ini diawali dengan melakukan studi literatur tentang materi-materi yang terkait. Studi literatur yang didapat akan digunakan sebagai dasar penelitian. Setelah dilakukan studi literatur maka penelitian dapat dimulai.

4.4.1 Langkah Penelitian

Adapun langkah penelitian yang dilakukan secara keseluruhan ditunjukkan dalam bentuk blok diagram pada Gambar 4.3.



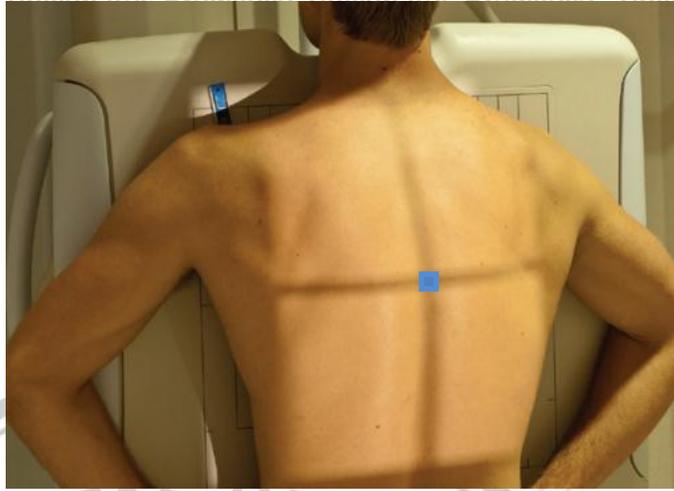
Gambar 4.3 Diagram alir penelitian.

4.4.2 Persiapan dan pengambilan data

Pengambilan data sampel dilakukan pada pasien yang dirujuk untuk dilakukan pemeriksaan foto sinar-X thoraks di RSUD Kanjuruhan Malang,

Selanjutnya dilakukan pendataan karakteristik pasien (usia dan jenis kelamin), pengukuran tebal dada dan pengukuran tinggi badan (TB) berat badan (BB) untuk mendapatkan Indeks Massa Tubuh (IMT). Selanjutnya pasien dilakukan prosedur

pemeriksaan thoraks *postero anterior*, sedangkan TLD diletakkan pada pertengahan dari titik bidik sinar-X sebagaimana terlihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 : Titik pemasangan keping TLD.

Selanjutnya dilakukan hal yang sama pada kelompok sampel yang lain berdasarkan parameter yang telah ditentukan, maksud dan tujuannya yaitu agar variasi dan akurasi data menjadi lebih baik, mengingat karakteristik pasien yang heterogen dari populasi sampel. Dalam pengambilan data dosis sampel lain dapat menggunakan chip TLD yang telah dinetralkan, ini merupakan keunggulan dari TLD yang bisa digunakan kembali.

4.4.3 Nilai Indeks Paparan

Nilai indeks paparan (*IE*) radiografi pada peralatan Fujifilm ditampilkan dalam sensitivitas (*S-Value*) yang didapatkan dari hasil paparan radiasi sinar-X ke pasien yang langsung ditampilkan oleh sistem komputer yang terintegrasi dengan pesawat sinar-X.

4.4.4 Pengukuran Ekstrance Surface Dose (ESD)

Untuk mendapatkan nilai dosis permukaan yang diterima oleh pasien dipergunakan TLD yang diletakkan pada titik tengah yaitu pada pusat sinar-X,

Selanjutnya TLD dilakukan pembacaan di laboratorium Fisika Medis Universitas Indonesia, dosis didapatkan dengan mengalikan besar muatan dengan bilangan konversi, sedangkan nilai ESD didapat dengan persamaan:

$$ESD = R \cdot FK \dots\dots\dots 4.1$$

Dimana *ESD* : Dosis permukaan

R : Intensitas TLD terbaca (nC)

FK : Faktor kalibrasi (mSv/nC)

Teknik pengukuran pada penelitian ini yaitu dengan menggunakan dua keping TLD yang dikemas dalam kertas tipis dan dibungkus dengan plastik pada penggunaan TLD, maka dibutuhkan minimal 2 (dua) buah keping TLD dalam 1 (titik) yang digunakan untuk pengukuran dan diambil rerata nilai ESD

$$ESD_{rerata} = \frac{TLD_1 + TLD_2}{2} \dots\dots\dots 4.2$$

Sedangkan posisi pengukuran keping TLD ditempelkan pada kulit pasien di tengah dari luasan lapangan penyinaran pasien (BAPETEN, 2016).

4.5 Analisis data

Data yang didapat meliputi nilai indeks paparan radiografi yang didapatkan dari perhitungan pada komputer radiografi serta perhitungan ESD yang diperoleh dari pengukuran tiap sampel dengan menggunakan persamaan 4.1 dan 4.2 yang

didapat dari pembacaan TLD, selanjutnya dilakukan analisis deskriptif dengan pendekatan teori yang berkaitan

4.6 Etika Penelitian

Dalam penelitian ini penulis berusaha untuk memperhatikan etika yang harus dipenuhi dalam pelaksanaannya, mengingat bahwa peneliti kesehatan ini berhubungan langsung dengan manusia, maka etika penelitian ini meliputi: *Inform Consent* (Lembar Persetujuan) yang merupakan lembar persetujuan memuat penjelasan-penjelasan tentang maksud dan tujuan peneliti, dampak yang mungkin terjadi selama penelitian. Apabila responden telah mengerti dan bersedia maka responden diminta menandatangani surat persetujuan menjadi sampel atau responden. Namun apabila responden menolak, maka peneliti tidak akan memaksa.

Selanjutnya adalah *Anonymity* (tanpa nama) untuk menjaga kerahasiaan responden, peneliti tidak mencantumkan nama subyek penelitian, hanya untuk lebih memudahkan mengenali identitas, peneliti memakai kode berupa sebutan responden 1, responden 2, dan seterusnya. Yang terakhir adalah *Confidentiality* (kerahasiaan) informasi yang diberikan oleh responden serta semua data yang berkumpul akan disimpan, dijamin kerahasiaannya dan hanya menjadi koleksi peneliti. Informasi yang diberikan oleh responden tidak akan disebar atau diberikan kepada orang lain tanpa seijin responden.

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

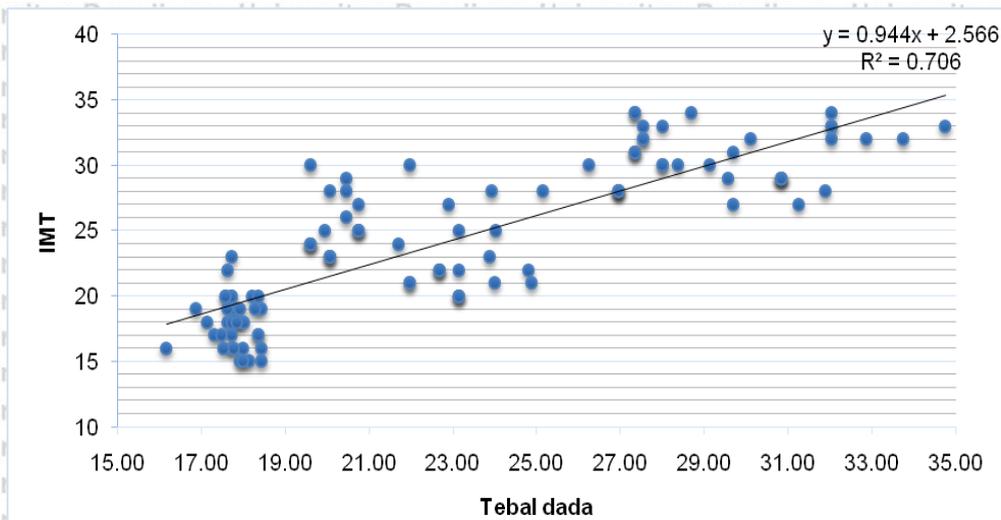
Data yang diperoleh pada penelitian ini adalah data ketebalan dada, indeks massa tubuh (IMT) serta nilai indeks paparan radiografi Fujifilm (*S-Value*) yang didapat dari komputer setelah pasien melakukan pemeriksaan radiografi thoraks dan data dosis radiasi permukaan (ESD) dari sampel pasien yang ditangkap oleh keping dosimeter TLD. Selanjutnya dilakukan pengolahan dan analisis data dengan mencari hubungan antara ketebalan dada, indeks massa tubuh (IMT), Indeks paparan radiografi fujifilm (*S-Value*) dan dosis radiasi yang diterima oleh empat kelompok pasien dengan menggunakan parameter pemeriksaan pada tabel

4.1.

5.1. Hubungan Ketebalan Dada dan Indeks Massa Tubuh (IMT),

Sebelum dilakukan pengambilan data tentang dosis radiasi permukaan (ESD) terlebih dahulu dilakukan pengukuran meliputi berat badan, tinggi badan untuk mendapatkan nilai indeks massa tubuh (IMT) dan ketebalan dada sampel pasien, data ini diambil untuk melihat hubungan ketebalan obyek dengan dosis radiasi permukaan (ESD).

Dari hasil perhitungan dan pengukuran hubungan indeks massa tubuh (IMT) dengan ketebalan dada pada pasien laki-laki dapat dilihat pada Grafik 5.1.



Gambar 5.1 Grafik hubungan antara IMT (kg/m^2) dan ketebalan dada (cm) kelompok sampel A sampai dengan D..

Pada Gambar 5.1 dapat diketahui hubungan indeks massa tubuh dengan ketebalan dada pasien dimana naiknya nilai indeks massa tubuh diikuti juga naiknya ketebalan dada pasien, dari data hasil penelitian didapatkan ketebalan dada terendah yaitu 16 cm dengan indeks massa tubuh $16,2 \text{ kg/m}^2$ dan tertinggi dengan tebal dada 34 cm pada indeks massa tubuh 32 kg/m^2 .

Pengukuran ini dilakukan karena obyek yang lebih tebal memerlukan intensitas sinar-X dengan energi yang lebih besar (Cheung dkk., 2006). Pemilihan variabel ketebalan ini didasarkan pada pengertian dosis serap, dimana dosis yang diterima tubuh dan jaringannya berbeda tergantung massa dan serap oleh bagian tubuh/jaringan terhadap sinar-X. Sehingga dari variabel massa dan serap bahan didapatkan hubungan antar kedua variabel yang mempengaruhi dosis radiasi yang diterima terletak pada volume tubuh yang terpapar radiasi (Bushong, 2007).

5.2 Dosis Radiasi Permukaan Pemeriksaan Thoraks *Postero Anterior*

Berdasarkan empat parameter yang telah dilakukan pada masing-masing kelompok sampel pasien meliputi tegangan tabung (kV), arus tabung waktu (mAs), jarak antara fokus tabung dan reseptor gambar (FFD) dengan memperhatikan ketebalan dada sampel pasien didapatkan nilai dosis radiasi permukaan (ESD) pada pemeriksaan radiografi thoraks *postero anterior* ditunjukkan pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Nilai ESD (mSv) pemeriksaan thoraks *postero anterior*.

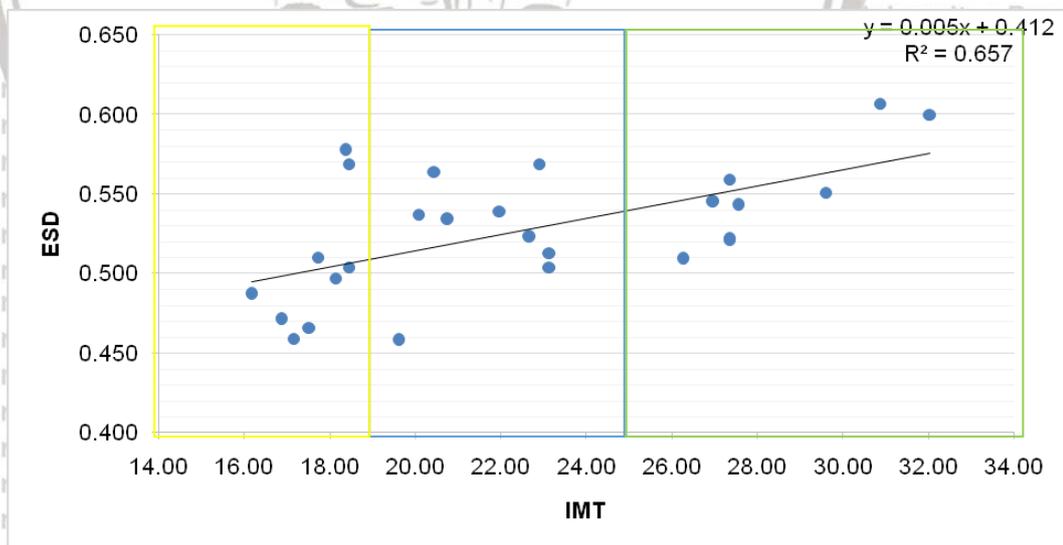
Kelompok Sampel	kV	mAs	Minimal	Maksimal	Rata-rata	Standar deviasi
A	64	16	0,45	0,65	0,53	0,05
B	74	8	0,31	0,62	0,47	0,07
C	84	4	0,35	0,59	0,42	0,08
D	94	2	0,20	0,46	0,32	0,07

Nilai dosis permukaan (ESD) pada penelitian ini mempunyai variasi nilai dan memiliki standar deviasi antara 0,05 sampai 0,08. Hal ini dikarenakan selain faktor ekposi, faktor lain adalah variasi ketebalan dada sampel pasien, dapat dilihat pada Gambar 5.1 dimana pengaruh Indeks Massa Tubuh (IMT) dan ketebalan dada pada pemeriksaan radiografi akan mengakibatkan jarak, antara tabung sinar-X dan permukaan obyek menjadi berubah, sehingga intensitas sinar-X yang tertangkap oleh keping TLD menjadi tidak sama, dimana jarak akan

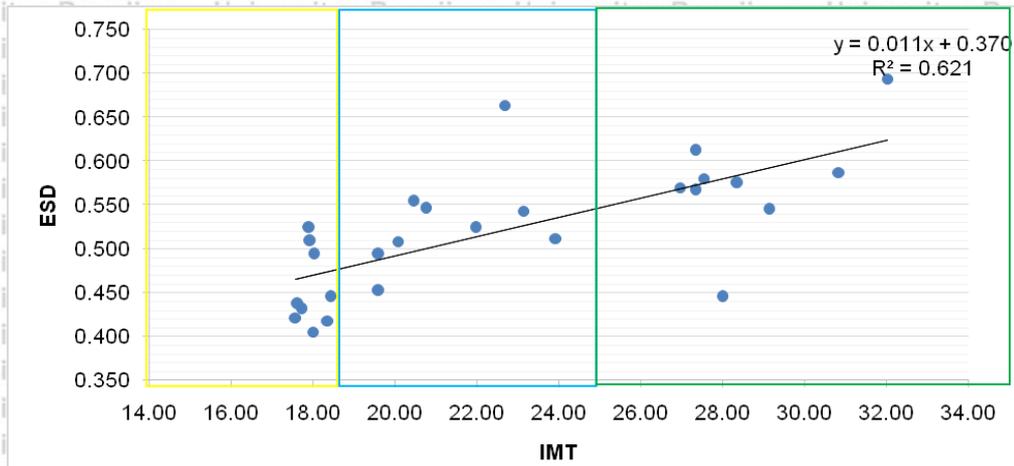
menyebabkan intensitas sinar-X akan berubah (Rahman, 2009). Perubahan jarak dan intensitas dapat dilihat pada persamaan 5.1.

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{(d_2)^2}{(d_1)^2} \dots \dots \dots 5.1$$

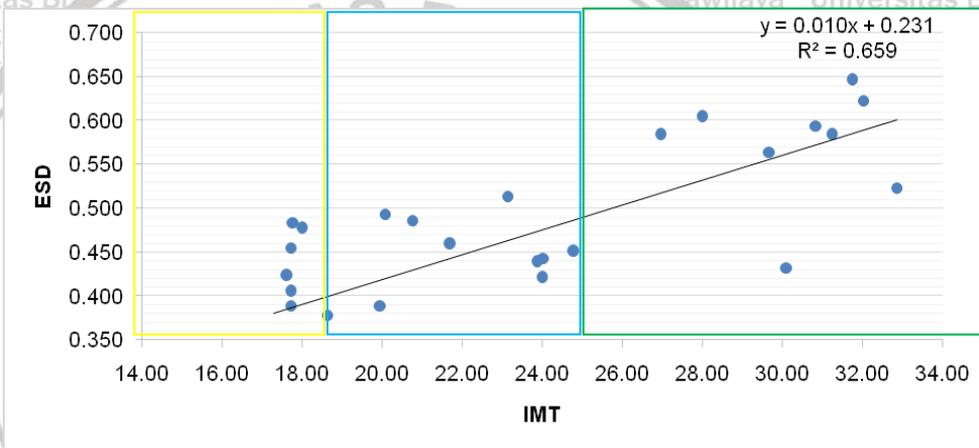
Pada penelitian ini hubungan ketebalan obyek dan indeks massa tubuh pada pemeriksaan radiologi thoraks *postero anterior* untuk tiap parameter pemeriksaan yang dilakukan pada masing-masing kelompok sampel pasien, berdasarkan klasifikasi IMT yang dapat dilihat pada Gambar 5.2, 5.3, 5.4 dan 5.5 dengan klasifikasi kurus ditunjukkan pada area warna kuning, klasifikasi normal ditunjukkan pada area warna biru dan klasifikasi gemuk yang ditunjukkan pada area warna hijau dibawah ini.



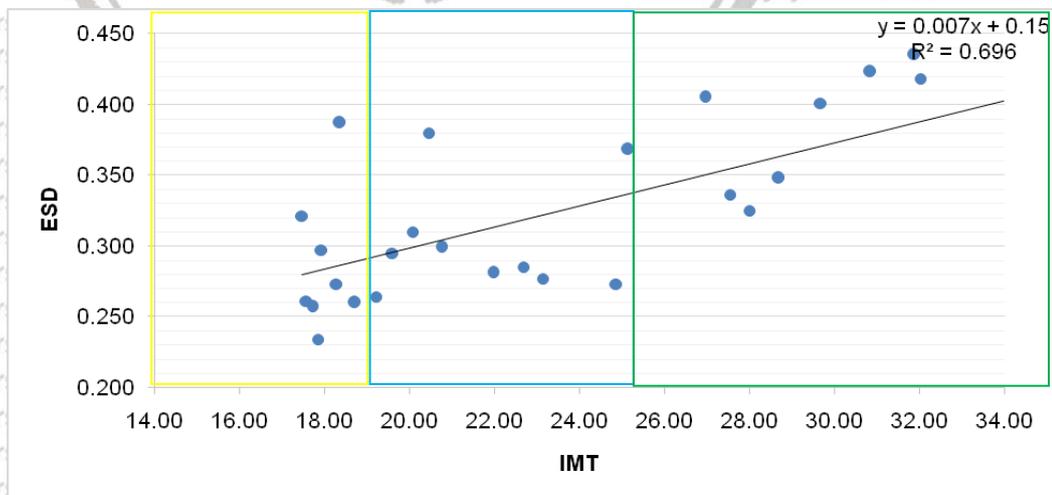
Gambar 5.2, Grafik hubungan IMT (kg/m²) dan ESD (mSv) pada kelompok sampel A



Gambar 5.3, Grafik hubungan IMT (kg/m^2) dan ESD (mSv) pada kelompok sampel B



Gambar 5.4, Grafik hubungan IMT (kg/m^2) dan ESD (mSv) pada kelompok sampel C



Gambar 5.5, Grafik hubungan IMT (kg/m^2) dan ESD (mSv) pada kelompok sampel D

Berdasarkan Gambar 5.2, 5.3, 5.4 dan 5.5 grafik hubungan IMT dan ESD untuk tiap parameter yang diberikan pada masing-masing kelompok sampel pasien didapatkan bahwa naiknya indeks massa tubuh (IMT) akan diikuti dengan naiknya dosis permukaan kulit (ESD) pada sampel pasien, yang artinya pasien yang memiliki tubuh gemuk lebih tinggi dosis yang diterima dari pada pasien dengan tubuh kurus.

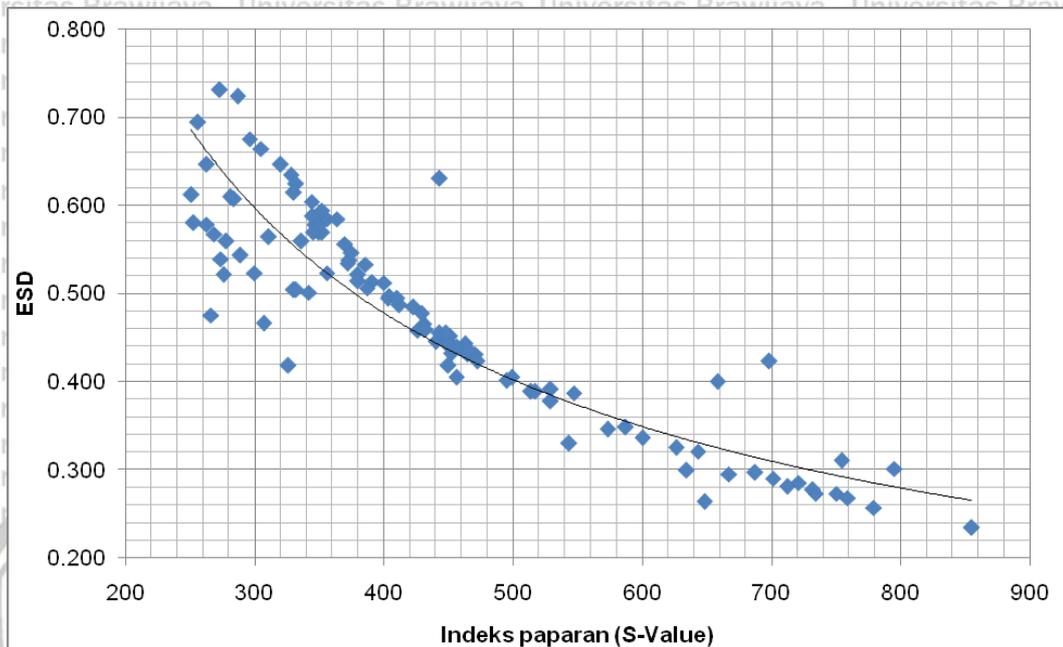
5.3 Hubungan Dosis Radiasi Permukaan Dan Indeks Paparan (S-Value)

Indeks paparan (S-Value) atau nilai S pada fujifilm radiografi merupakan sensitivitas yang mewakili nilai numerik yang diterima oleh reseptor gambar, dalam radiografi digital hal ini merupakan nilai dalam pemantauan radiografi berkualitas dengan jumlah dosis terkecil untuk pasien (ACRRT, 2011). Indeks paparan (*S.Value*) yang didapat dari penelitian ini mempunyai nilai variasi dapat dilihat pada Tabel 5.2

Tabel 5.2 Nilai Indeks paparan (*S-Value*) pemeriksaan thoraks *postero anterior*.

Kelompok sampel	kV	mAs	Minimal	Maksimal	Rata-rata	Standar deviasi
A	64	16	263	447	350	50
B	74	8	251	499	360	80
C	84	4	287	573	420	80
D	94	2	448	786	660	100

Nilai indeks paparan (*S-Value*) yang dihasilkan dari penelitian ini mempunyai standar deviasi antara 50 sampai 100. Hubungan dosis permukaan (ESD) terhadap indeks paparan (*S-Value*) dapat dilihat pada Gambar 5.3.



Gambar 5.6 Grafik hubungan antara Indeks Paparan (*S-Value*) dengan dosis radiasi permukaan (ESD)

Dari Gambar 5.6 grafik hubungan antara dosis radiasi permukaan (ESD) dengan Indeks Paparan (*S-Value*) mempunyai trend eksponensial dimana nilai dosis permukaan (ESD) berdampak semakin tinggi nilai dari indeks paparan (*S-Value*), artinya bahwa semakin tinggi dosis radiasi permukaan akan berdampak terhadap semakin rendah indeks paparan (*S-value*) dan sebaliknya. Nilai sensitivitas atau *S-Value* dapat dianggap setara dengan kecepatan reseptor gambar jika nilai paparan rendah kecepatan reseptor gambar meningkat dan akan meningkatkan derau, pada paparan tinggi, kecepatan reseptor gambar akan menurun sehingga gambar yang dihasilkan akan lebih baik, tetapi dosis yang diterima pasien lebih tinggi. (Seeram. 2012).

5.4 Analisis Indeks Paparan (*S-Value*) Terhadap Proteksi Radiasi Pasien

Kegiatan pemeriksaan radiologi thoraks saat ini menjadi suatu kelaziman dalam pemeriksaan kesehatan dasar seperti medikal checkup, maupun pemeriksaan pendahuluan untuk kelainan pada paru-paru dan jantung, setiap kegiatan pemeriksaan radiologi harus memperhatikan proteksi radiasi. Proteksi radiasi adalah tindakan yang dilakukan untuk mengurangi pengaruh radiasi yang merusak akibat paparan radiasi (PP Nomer 63 Tahun 2000).

Dalam penelitian ini untuk melakukan analisa terlebih dulu dilakukan pengukuran Indeks Massa Tubuh (IMT) dan tebal dada sampel pasien, dari Gambar 5.1 tentang grafik hubungan Indeks Massa Tubuh (IMT) dan tebal dada di dapatkan hasil bahwa naiknya nilai Indeks Massa Tubuh (IMT) akan diikuti dengan naiknya tebal dada sampel pasien. Hubungan antara Indeks Massa Tubuh (IMT) dan tebal dada sampel pasien ini digunakan untuk melihat karakteristik sampel pasien, dan digunakan untuk menilai apakah ada pengaruh Indeks Massa Tubuh (IMT) dengan dosis radiasi yang diterima oleh sampel pasien.

Dosis radiasi yang diterima pasien tergantung intensitas radiasi, untuk mendapatkan intensitas radiasi yang hampir sama dapat menggunakan “aturan Rule 10 kV” yaitu ketika tegangan tabung dinaikkan 10 kV maka arus tabung waktu (mAs) harus diturunkan setengahnya (Rahman. 2009). Dari parameter yang digunakan untuk tiap kelompok sampel pasien didapatkan hasil yang berbeda dimana dari hasil dari pengukuran dan perhitungan intensitas radiasi permukaan yang diterima pasien mengalami penurunan dari setiap parameter yang digunakan terlihat rata-rata dosis radiasi permukaan pada Tabel 5.1. Sedangkan naiknya tegangan tabung (kV) penurunan arus tabung waktu (mAs), akan diikuti

dengan turunnya nilai dosis radiasi permukaan dimana dosis radiasi sinar-X berbanding lurus dengan dengan arus waktu tabung (mAs) (Bushong,2007).

Dalam kegiatan proteksi radiasi selain dosis radiasi pekerja dan lingkungan yang harus diperhatikan yaitu dosis radiasi yang diterima oleh pasien. Dalam penelitian ini didapatkan dosis radiasi permukaan (ESD) pasien pada pemeriksaan thoraks *postero anterior* tertinggi pada kelompok pasien A rata-rata ESD yang didapatkan 0,53 mSv, sedangkan terendah pada kelompok pasien D 0,32 mSv.

Nilai rata-rata yang diterima oleh kelompok pasien dengan parameter D ini lebih kecil dari panduan paparan radiasi BAPETEN (2011) dimana tingkat panduan dosis radiografi diagnostik untuk setiap pasien dewasa tertentu pada pemeriksaan Thoraks 0,4 mSv yang artinya pada parameter pemeriksaan yang digunakan oleh kelompok sampel D lebih rendah 0,08 mSv dibandingkan panduan paparan radiasi yang dikeluarkan BAPETEN.

Dosis radiasi dan intensitas radiasi pada pemeriksaan radiologi sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya tegangan tabung (kV), arus waktu (mAs) dan jarak paparan, dimana tegangan tabung (kV) akan berpengaruh terhadap kualitas dan kuantitas sinar-X, sedangkan arus waktu (mAs) akan mempengaruhi kuantitas (Bushong, 2007). Faktor jarak berkaitan erat dengan fluks radiasi (ϕ), fluks radiasi pada suatu titik akan berkurang berbanding terbalik dengan kuadrat jarak (Akhadi,2008).

Dosis radiasi permukaan (ESD) yang diterima oleh sampel pasien dalam penelitian ini selain dipengaruhi oleh parameter pemeriksaan juga dipengaruhi oleh Indeks Massa Tubuh (IMT) dimana ketika IMT pada sampel pasien naik maka diikuti dengan naiknya ketebalan dada sampel pasien terlihat pada Gambar

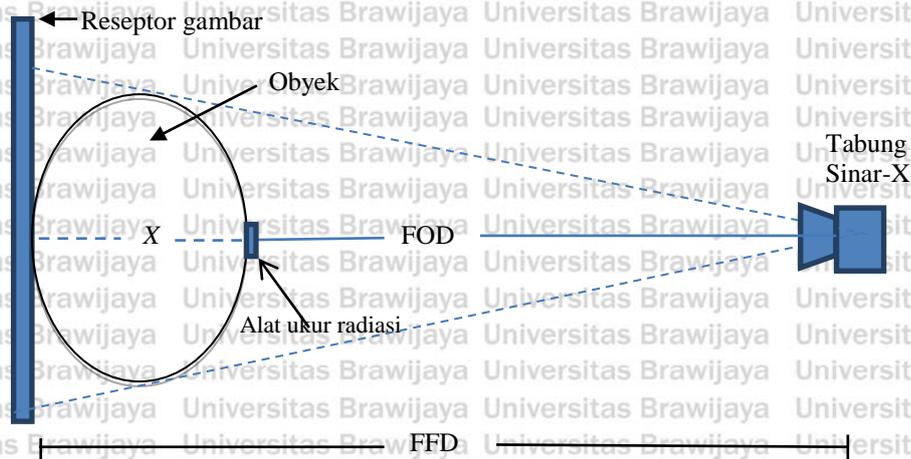
5.1, yang mengakibatkan jarak permukaan obyek dengan fokus sinar-X atau *Focus Object Distance* (FOD) semakin pendek dan akan menyebabkan intensitas radiasi pada yang diterima oleh alat ukur menjadi berubah, pengaruh dosis dan jarak dapat ditunjukkan pada persamaan 5.2.

$$E = \frac{P \text{ mAs } (kV)^2}{D^2} \quad \dots \quad 5.2$$

Dengan

- E : Dosis radiasi/ intensitas/ *Exposure*
- P : Faktor kualitas penyinaran
- kV : Tegangan tabung sinar-X
- mAs : Perkalian arus tabung dan waktu
- D : Jarak antara fokus dan alat ukur dalam cm

Faktor kualitas penyinaran memiliki nilai konstanta yaitu 15, faktor kualitas penyinaran meliputi tegangan, filter serta ukuran berkas sinar-X. Perubahan intensitas radiasi terukur pada permukaan akan berubah meskipun jarak fokus ke reseptor gambar (FFD) sama. Hal ini karena ada perbedaan ketebalan dada pasien yang diperiksa. Perbedaan ketebalan dada pasien akan mempengaruhi jarak antara fokus ke permukaan obyek (FOD) sehingga intensitas radiasi pada permukaan akan berubah. Hubungan antara intensitas radiasi pada permukaan dengan ketebalan obyek dan jarak dapat dilihat pada persamaan 5.1 dan 5.4 dengan ilustrasi Gambar 5.7.



Gambar 5.7 Skema pengukuran FFD, FOD dan ketebalan obyek.

Dari hasil pengukuran dan perhitungan grafik hubungan indeks massa tubuh (IMT) dengan dosis radiasi permukaan (ESD) sampel pasien yang dapat dilihat pada Gambar 5.2, 5.3, 5.4, dan 5.5 dimana hubungan indeks massa tubuh (IMT) dengan klasifikasi kurus, normal dan gemuk terhadap dosis radiasi permukaan (ESD) mempunyai trend naiknya nilai IMT akan diikuti dengan naiknya ESD yang artinya ketika tubuh semakin gemuk maka dosis radiasi pada pemeriksaan ini juga akan semakin besar. Hal ini dikarenakan IMT diikuti dengan naiknya ketebalan dada terlihat pada Gambar 5.1 .

Penelitian ini juga mendapatkan nilai indeks paparan radiografi Fujifilm (*S-Value*) dimana nilai yang didapatkan merupakan nilai intensitas radiasi setelah melewati bahan yang ditangkap oleh reseptor gambar. Selanjutnya intensitas radiasi yang ditangkap dikonversikan menjadi derajat keabuan pada gambar radiografi digital. sedangkan indeks paparan radiografi Fujifilm menggunakan nilai sensitifitas yang mewakili nilai numerik yang diterima reseptor gambar (ACRRT, 2011)

Dalam penelitian ini indeks paparan radiografi pada fuji film (*S-value*) mempunyai karakteristik dimana ketika dosis radiasi permukaan (ESD) turun indeks paparan (*S-value*) akan meningkat terlihat pada Gambar 5.6. Dan sebaliknya ketika semakin tinggi dosis permukaan (ESD) akan berdampak terhadap semakin rendah indeks paparan (*S-value*), yang artinya hubungan antara dosis permukaan dan indeks paparan (*S-value*) pada pemeriksaan radiologi thoraks *postero anterior* menggunakan Fuji film digital radiografi yaitu berbanding terbalik dapat dilihat pada Gambar 5.6, dimana paparan yang rendah akan menghasilkan *S-value* yang tinggi, dan paparan yang tinggi akan menghasilkan *S-value* rendah (Seeram. 2012)

Hal ini dikarenakan indeks paparan (*S-Value*) sangat dipengaruhi oleh intensitas radiasi yang sampai pada reseptor gambar, dimana intensitas tersebut dipengaruhi ketebalan dada sampel pasien, dengan bertambahnya ketebalan dada sampel pasien menyebabkan semakin pendek jarak antara fokus dan permukaan. Penurunan ketebalan dada akan diikuti dengan perubahan intensitas radiasi yang sampai pada reseptor gambar dan berlaku persamaan 5.3 yang merupakan bentuk serapan sinar-X oleh bahan sebelum diintegrasikan.

$$dI(x) = -I(X) \cdot n \cdot \sigma \cdot dx \dots \dots \dots 5.3$$

Dimana

dI : perubahan di (dalam) intensitas

I : intensitas awal

n : banyaknya atoms/cm³

dx : penurunan ketebalan material

σ : Koefisien serapan atomik atau *microscopic cross section*

Intensitas radiasi atau dosis radiasi yang diterima pada permukaan obyek dan intensitas radiasi yang sampai ke reseptor gambar mempunyai perbedaan dikarenakan pelemahan radiasi oleh bahan. Hubungan dosis radiasi permukaan (ESD) dan indeks paparan (*S-Value*) dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 5.3 pada grafik hubungan antara dosis radiasi permukaan (ESD) dan indeks paparan (*S-Value*) mempunyai trend fungsi eksponensial hal ini dikarenakan intensitas sinar-X yang sampai pada reseptor gambar dipengaruhi oleh ketebalan dada sampel pasien sehingga berlaku persamaan 5.4.

$$I_x = I_0 \cdot e^{-\mu x} \quad 5.4$$

Dimana

I_x = Intensitas radiasi setelah melalui bahan

I_0 = Intensitas radiasi sebelum mengenai bahan

μ = Koefisien serap bahan

x = Ketebalan obyek

Dalam radiodiagnostik dan intervensional salah satu syarat proteksi radiasi yang harus dipenuhi adalah azas optimasi proteksi, maksud dari azas optimasi ini adalah suatu upaya untuk membuat dosis yang diterima serendah mungkin (*As Low As Reasonably Achievable* – ALARA) yang dapat dicapai dengan

mempertimbangkan faktor sosial dan ekonomi. Sedangkan optimasi dimaknai sebagai suatu usaha untuk membuat dosis yang diterima oleh pasien serendah mungkin dengan tetap menjaga kualitas citra yang diperoleh seoptimal mungkin (BAPETEN,2008).

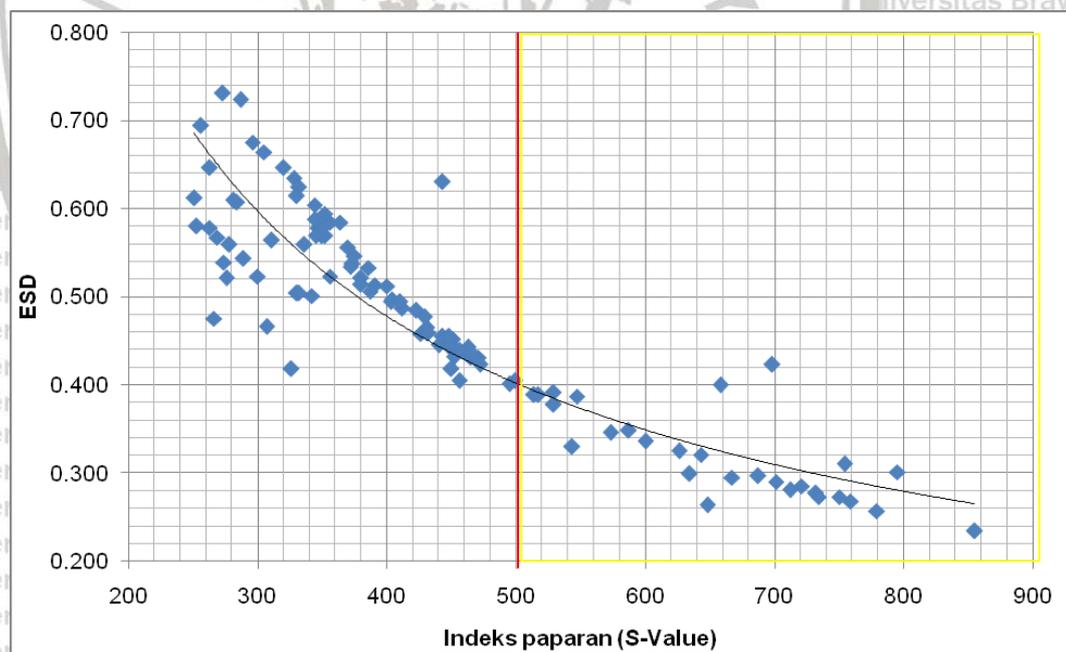
Paparan radiasi pasien belum mempunyai nilai batas dosis (NBD) namun dosis yang diterima pasien harus dijustifikasi dan dioptimisasi. Hal ini sangat penting untuk mencegah paparan radiasi berlebih yang diterima pasien, usaha proteksi radiasi harus dilakukan untuk mencegah adanya penerimaan paparan radiasi yang tidak diperlukan (BAPETEN,2016).

Pada pemeriksaan radiografi thoraks *postero anterior* dosis radiasi pada pasien juga harus diperhatikan, namun saat ini tidak semua fasilitas kesehatan memiliki alat ukur radiasi untuk pasien. Salah satu cara yang bisa dilakukan yaitu dengan memperhatikan nilai indeks paparan (IE), pada peralatan digital radiografi *direct radiography fuji film system* nilai indeks paparan ditampilkan dalam *S-Value*, dimana nilainya berbanding terbalik dengan intensitas sinar-X yang sampai pada reseptor gambar, hal ini dikarenakan nilai sensitivitas merupakan nilai invers dari kecepatan reseptor gambar hal senada diungkapkan oleh Serram (2012) nilai sensitivitas dapat dianggap setara dengan kecepatan reseptor gambar jika nilai paparan rendah kecepatan reseptor gambar meningkat dan akan meningkatkan derau, pada paparan tinggi kecepatan reseptor gambar akan menurun.

Bapaten selaku pemegang regulasi untuk kegiatan proteksi radiasi mengeluarkan panduan paparan dosis radiasi yang tertuang dalam Perka BAPETEN Nomor 8 Tahun 2011 Tentang Keselamatan Radiasi Dalam Penggunaan Pesawat Sinar-X Radiologi Diagnostik dan Intervensional, untuk

pemeriksaan thoraks atau paru-paru *postero anterior* yaitu 0,40 mSv. Sebagai upaya meningkatkan proteksi radiasi pasien pada pemeriksaan radiografi thoraks *postero anterior* yang salah satunya yaitu dengan memperhatikan dosis radiasi permukaan yang diterima oleh pasien yang dapat dievaluasi berdasarkan nilai indeks paparan (*S-Value*).

Berdasarkan grafik hubungan dosis radiasi permukaan dan indeks paparan (*S-Value*) serta memperhatikan panduan paparan dosis radiasi yang dikeluarkan oleh BAPETEN pada pemeriksaan thoraks *postero anterior* dapat dilihat pada Gambar 5.8 teknisi radiografi dapat melakukan upaya peningkatan proteksi radiasi pasien salah satu cara dengan memperhatikan indeks paparan (*S-Value*)



Gambar 5.8 Grafik hubungan ESD (mSv), indeks paparan (*S-Value*) dan batas panduan dosis radiasi BAPETEN

Pada Gambar 5.8 garis warna merah merupakan batas panduan paparan radiasi yang dikeluarkan oleh BAPETEN (2011), sehingga dapat diketahui bahwa

pada *direct digital radiography* Fujifilm untuk pemeriksaan thoraks *postero anterior* nilai indeks paparan (*S-Value*) harus diusahakan diatas 532 yang terdapat di dalam area kotak warna kuning yang mempunyai nilai dosis radiasi permukaan maksimal 0,39 mSv, supaya nilai dosis radiasi permukaan pasien tidak melampaui *Diagnostik Reverence Levels* (DRLs) atau panduan paparan radiasi yang dikeluarkan oleh BAPETEN (2011) sebesar 0,40 mSv.



BAB VI PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan diskusi dari penelitian ini menghasilkan beberapa kesimpulan diantaranya adalah

1. Nilai Indeks Massa Tubuh mempunyai pengaruh terhadap ketebalan dada sampel pasien dimana naiknya indeks massa tubuh (IMT) akan diikuti dengan ketebalan dada sampel pasien.
2. Hubungan dosis radiasi permukaan (ESD) dengan indeks paparan radiografi Fujifilm (*S-Value*) mempunyai tend grafik eksponensial
3. Indek paparan radiografi pada Fujifilm (*S-Value*) yang direkomendasikan dari hasil penelitian ini untuk pemeriksaan thoraks *posterior anterior* yaitu harus diusahakan diatas 523 supaya nilai dosis radiasi permukaan yang diterima oleh pasien tidak melampau nilai DRLs yang dikeluarkan oleh BAPETEN.

6.2. Saran

Saran-saran yang bisa diberikan penulis berkaitan dengan penelitian yang telah dilakukan serta pembahasan dari hasil yang diperoleh adalah,

1. Sebaiknya pada setiap pemeriksaan radiologi diagnostik, diperhatikan tentang variabel ketebalan obyek atau indeks massa tubuh pasien, penggunaan tegangan tabung (kV) dan arus tabung (mAs) serta teknik pemeriksaan yang tepat, karena karakteristik tubuh manusia yang heterogen.

2. Penelitian selanjutnya, analisis indeks paparan radiografi dengan pasien laki-laki dan wanita serta variasi parameter pemeriksaan yang lebih banyak.



DAFTAR PUSTAKA

- ACRRT, *American Chiropractic Registry of Radiologic Technologists*(2011), What does an S-value represent and how is it monitored, <http://www.acrrt.com> Diakses 12 Juli 2018 jam 23.00 WIB
- Aichinger. (2012). *Radiation Exposure and Image Quality in X-Ray Diagnostic radiology*. Verlag Berlin Heidelberg.
- Akhadi, Muklis. (2008) *Dasar-dasar Proteksi Radiasi*. Poltekkes Semarang.
- Ball, J. (1996). *Chesney's radiographic imaging*. (R. G. Avison, Ed.) (6th editio). Lexington, KY, USA.
- Bakshi, A. K., S. N. Jha, L. Olivi, D. M. Phase, R. K. Kher dan D. Bhattacharyya. 2007. *X-Ray Absorbption Spectroscopy and X-Ray Photoelectron Spectroscopy Studies of CaSO₄: Dy Thermoluminescent Phospors*. Nuclear Instrument and Methods in Physics Research. B 264 (Elsevier Science Ltd.): 109-116.4 May 2007. 0168-583X
- BAPETEN. (2011). Perka BAPETEN Nomor 8 Tahun 2011 Tentang Keselamatan Radiasi Dalam Penggunaan Pesawat Sinar-X Radiologi Diagnostik dan Intervensial. INDONESIA.
- BAPETEN. (2016a). *Pedoman Teknis Penyusunan Tingkat Panduan Diagnostik Atau Diagnostic Reference Level (Drl) Nasional*. Jakarta: BAPETEN.
- BAPETEN. (2016b). Program Prioritas 1: Penguatan Jaminan Perlindungan Keselamatan Pasien Radiologi. Retrieved from <https://www.bapeten.go.id>
- BAPETEN, (2018)
- BATAN. (2014). *Proteksi Radiasi*. Retrieved September 30, 2016, from www.batan.go.id/pusdiklat
- Bontrager, K. (2014). *Textbook of Radiographic Positioning and Related Anatomy* (8th Editio). China: Elsevier Mosby.
- Bushong, S. C. (2007). *Radiologic Science For Technologic* (9th Editio). Canada: Elsevier Mosby.
- Butler, M.-L. (2010). *A study of exposure index value fluctuations in computed radiography and direct digital radiography using multiple manufacturers. ECR*. Retrieved from <http://postereng.netkey.at>
- Cameron, J. R. (2006). *Fisika Tubuh Manusia*. (L. I. Sardy, Ed.) (edisi 2). Jakarta: CV Sagung Seto.
- Depkes RI. 2011. *Riset Kesehatan Dasar*. Jakarta: Depkes RI
- Fahmi, A. (2008). *Pengaruh faktor eksposi pada Pemeriksaan Abdomen Terhadap Kualitas Radiograf dan Paparan Radiasi Menggunakan Computed Radiography*. Semarang. Retrieved from portalgaruda.org
- Hiswara, E. (2015). *Dosis Radiasi Pasien Pada pemeriksaan Rutin Sinar-X Radiologi Diagnostik*. ISSN. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.17146/jstni,2015>

Irrera. (2016). *A Landmark Detection Approach Applied to Robust Estimation of the Exposure Index in Digital Radiography*. ScienceDirect. Retrieved from www.sciencedirect.com

KEMENKES. (2016). *Data dan Informasi Profil Kesehatan Indonesia*. Jakarta.

Kumianto, K. (2013). *Perekayasaan Perangkat Radiografi*. Tangerang Selatan.

Meredith, W. J. (2010). *Fundamental Physics of Radiology* (3rd.ed.). John Wright & Sons Ltd.

Mothiram, U. (2014). Digital radiography exposure indices: A review. *Journal of Medical Radiation*, 61(2). Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4175837/>

Murthy, K. V. R. dan J. N. Reddy. 2008. *Thermoluminescence Basic Theory Applications and Experiments*. Nucleonix Systems Privete Limited, Hyderabad.

Pearce, evelyn C. (2011). *Anatomi Dan Fisiologi Untuk Paramedis*. (S. Y. Handoyo, Ed.) (34th ed.). Jakarta: PT Gramedia.

Prokop, Neitzel U, S.-P. C. (2003). *Principles of image processing in digital chest radiography*. USA.

Rasad, S. (2010). *Radiologi Diagnostik* (Edisi 2). Jakarta: Balai Penerbit FKUI.

Rahman, N., 2009 *Radiofotografi*, Universitas Baiturrahma, Padang

Syaifudin, R., N. Herlina dan B. Supriyanto. 2006. *Dosimeter CaSO₄:DY buatan BARC sebagai Pemantau Dosis Radiasi Perorangan HP(10)*. Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Fungsional Teknis Non Peneliti. 19 Desember 2006. Serpong, Jakarta. 103-109. 1410-5381

Seibert, J. A. (2011). *The standardized exposure index for digital radiography: an opportunity for optimization of radiation dose to the pediatric population*. NCBI Resources, (Pediatri Radiology). Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>

Seeram, Euclid. (2016) *Optimizing the Exposure Indicators a Dose Management Strategy in Computed Radiography* Journal Radiologic Technology, March/April 2016, Volume 87, Number 4

Susanto, Hermawan D. (2017). *The Evaluation of Entrance Surface Dose and Quality of Radiograph in Thorax Radiological Examination*, Journal of Global Pharma Technology, ISSN

Vyborny, C. (1997). *Image quality and the clinical radiographic examination*. NCBI Resources. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/>

Yuliati, H. dan M. Akhadi. 2004. *Faktor-faktor Koreksi dalam Evaluasi Dosis Perorangan dengan Dosimeter Termoluminisensi*. Informasi IPTEK. 5. 69-78

SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PENELITIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama :

Jenis Kelamin(L/P) :

Umur/Tgl Lahir :

Alamat :

Telp :

Menyatakan dengan sesungguhnya dari saya sendiri/*orang tua/*suami/*istri/*anak/*wali dari:

Nama :

Jenis Kelamin(L/P) :

Umur/Tgl Lahir :

Alamat :

Telp :

Dengan ini telah menerima penjelasan bahwa saya akan menjadi sampel penelitian dengan tahapan yaitu dimulai ditimbang berat badan, diukur tinggi badan dan tebal dada selanjutnya dilakukan satu kali penyinaran pemeriksaan thorax *postero anterior* dimana pada saat pemeriksaan akan dipasang alat ukur radiasi berupa chip TLD, selanjutnya hasil pemeriksaan foto radiologi akan dilakukan analisa oleh peneliti, setelah selesai akan diserahkan kepada saya sebagaimana biasanya, dan saya telah mengerti segala hal yang berhubungan dengan tindakan yang akan dilakukan pada diri saya dalam penelitian ini, serta kemungkinan resiko yang akan saya alami.

Dari penjelasan diatas saya menyatakan ***SETUJU / *MENOLAK** sebagai sampel dalam penelitian ini yang berjudul “Analisis Nilai Indeks Paparan Radiografi Digital Pada Radiografi *Thorax Postero Anterior* Sebagai Upaya Peningkatan Proteksi Radiasi Pasien”.

Malang , Juli 2018
Peneliti Yang membuat pernyataan,

(Aris Samsul) (.....

Coret yang tidak perlu

Kode sampel	BB	TB	IMT	TO	KV	mAs	FFD	FOD	Dosis Radiasi	IE (S-value /Fujifilm)
A1	75	1.65	27.55	32	64	16	150	118	0.543	289
A2	65	1.72	21.97	21	64	16	150	129	0.539	274
A3	70	1.60	27.34	31	64	16	150	119	0.521	380
A4	56	1.69	19.61	24	64	16	150	126	0.458	426
A5	58	1.70	20.07	23	64	16	150	127	0.537	373
A6	72	1.56	29.59	29	64	16	150	121	0.551	447
A7	55	1.64	20.45	26	64	16	150	124	0.564	311
A8	75	1.69	26.26	30	64	16	150	120	0.509	281
A9	45	1.62	17.15	18	64	16	150	132	0.459	432
A10	60	1.70	20.76	25	64	16	150	125	0.534	372
A11	63	1.65	23.14	20	64	16	150	130	0.513	391
A12	40	1.54	16.87	19	64	16	150	131	0.471	336
A13	63	1.65	23.14	20	64	16	150	130	0.504	330
A14	50	1.65	18.37	17	64	16	150	133	0.577	347
A15	49	1.63	18.44	16	64	16	150	134	0.569	349
A16	47	1.61	18.13	15	64	16	150	135	0.497	404
A17	49	1.63	18.44	15	64	16	150	135	0.504	332
A18	50	1.68	17.72	16	64	16	150	134	0.510	350
A19	44	1.65	16.16	16	64	16	150	134	0.487	412
A20	46	1.62	17.53	16	64	16	150	134	0.466	307
A21	70	1.6	27.34	34	64	16	150	116	0.559	278
A22	78	1.59	30.85	29	64	16	150	121	0.607	284
A23	77	1.69	26.96	28	64	16	150	122	0.545	431
A24	82	1.60	32.03	33	64	16	150	117	0.600	263
A25	70	1.60	27.34	31	64	16	150	119	0.521	276
A26	55	1.55	22.89	27	64	16	150	123	0.569	352
A27	64	1.68	22.68	22	64	16	150	128	0.523	356
Kode sampel	BB	TB	IMT	TO	KV	mAs	FFD	FOD	Dosis Radiasi	IE (S-value /Fujifilm)
B1	70	1.6	27.34	34	74	8	150	116	0.612	251

B2	52	1.68	18.42	19	74	8	150	131	0.445	450
B3	78	1.59	30.85	29	74	8	150	121	0.587	344
B4	47	1.62	17.91	18	74	8	150	132	0.524	332
B5	64	1.68	22.68	22	74	8	150	128	0.664	305
B6	65	1.72	21.97	21	74	8	150	129	0.524	443
B7	63	1.65	23.14	25	74	8	150	125	0.543	463
B8	56	1.69	19.61	30	74	8	150	120	0.494	403
B9	50	1.65	18.37	17	74	8	150	133	0.418	326
B10	77	1.69	26.96	28	74	8	150	122	0.570	273
B11	82	1.7	28.37	30	74	8	150	120	0.575	296
B12	82	1.60	32.03	34	74	8	150	116	0.694	256
B13	70	1.55	29.14	30	74	8	150	120	0.545	440
B14	59	1.57	23.94	28	74	8	150	122	0.512	400
B15	49	1.65	18.00	16	74	8	150	134	0.405	499
B16	50	1.67	17.93	15	74	8	150	135	0.509	345
B17	50	1.68	17.72	20	74	8	150	130	0.431	471
B18	48	1.65	17.63	22	74	8	150	128	0.437	460
B19	45	1.58	18.03	18	74	8	150	132	0.494	410
B20	45	1.6	17.58	20	74	8	150	130	0.421	342
B21	55	1.64	20.45	31	74	8	150	119	0.554	328
B22	75	1.65	27.55	33	74	8	150	117	0.580	253
B23	70	1.60	27.34	31	74	8	150	119	0.567	269
B24	80	1.69	28.01	33	74	8	150	117	0.445	266
B25	60	1.70	20.76	25	74	8	150	125	0.546	375
B26	56	1.69	19.61	24	74	8	150	126	0.452	451
B27	58	1.70	20.07	23	74	8	150	127	0.508	263
Kode sampel	BB	TB	IMT	TO	KV	mAs	FFD	FOD	Dosis Radiasi	IE (S-value /Fujifilm)
C1	70	1.68	24.80	22	84	4	150	128	0.493	465
C2	69	1.70	23.88	23	84	4	150	127	0.439	456
C3	62	1.69	21.71	24	84	4	150	126	0.421	431

C4	50	1.68	17.72	17	84	4	150	133	0.484	456
C5	48	1.65	17.63	18	84	4	150	132	0.378	472
C6	51	1.69	17.86	19	84	4	150	131	0.423	387
C7	93	1.66	33.75	32	84	4	150	118	0.646	320
C8	71	1.72	24.00	21	84	4	150	129	0.459	529
C9	80	1.56	32.87	32	84	4	150	118	0.584	287
C10	82	1.6	32.03	32	84	4	150	118	0.432	287
C11	77	1.69	26.96	28	84	4	150	122	0.523	364
C12	78	1.59	30.85	29	84	4	150	121	0.604	352
C13	80	1.69	28.01	30	84	4	150	120	0.623	344
C14	76	1.60	29.69	31	84	4	150	119	0.584	330
C15	60	1.58	24.03	25	84	4	150	125	0.486	449
C16	60	1.70	20.76	27	84	4	150	123	0.514	370
C17	50	1.68	17.72	18	84	4	150	132	0.389	443
C18	50	1.70	17.30	17	84	4	150	133	0.455	573
C19	48	1.65	17.63	19	84	4	150	131	0.346	529
C20	50	1.68	17.72	19	84	4	150	131	0.477	517
C21	49	1.65	18.00	15	84	4	150	135	0.060	429
C22	82	1.65	30.12	32	84	4	150	118	0.594	452
C23	49	1.66	17.78	16	84	4	150	134	0.405	423
C24	57	1.69	19.96	25	84	4	150	125	0.443	514
C25	63	1.65	23.14	22	84	4	150	128	0.451	380
C26	80	1.60	31.25	27	84	4	150	123	0.564	356
C27	54	1.64	20.08	28	84	4	150	122	0.389	386
Kode sampel	BB	TB	IMT	TO	KV	mAs	FFD	FOD	Dosis Radiasi	IE (S-value /Fujifilm)
D1	55	1.64	20.45	30	94	2	150	120	0.380	658
D2	65	1.72	21.97	30	94	2	150	120	0.281	712
D3	63	1.65	23.14	20	94	2	150	130	0.277	732
D4	59	1.54	24.88	19	94	2	150	131	0.273	734
D5	66	1.62	25.15	28	94	2	150	122	0.368	759

D6	75	1.65	27.55	32	94	2	150	118	0.336	600
D7	89	1.60	34.77	33	94	2	150	117	0.330	643
D8	80	1.69	28.01	30	94	2	150	120	0.325	626
D9	78	1.59	30.85	29	94	2	150	121	0.423	698
D10	50	1.68	17.72	20	94	2	150	130	0.257	779
D11	50	1.65	18.37	20	94	2	150	130	0.264	547
D12	60	1.70	20.76	25	94	2	150	125	0.299	664
D13	47	1.64	17.47	17	94	2	150	133	0.321	643
D14	50	1.67	17.93	19	94	2	150	131	0.273	687
D15	48	1.62	18.29	19	94	2	150	131	0.260	750
D16	45	1.6	17.58	20	94	2	150	130	0.261	995
D17	48	1.64	17.85	18	94	2	150	132	0.297	855
D18	77	1.69	26.96	28	94	2	150	122	0.405	448
D19	90	1.68	31.89	27	94	2	150	123	0.435	466
D20	76	1.60	29.69	27	94	2	150	123	0.401	495
D21	56	1.69	19.61	24	94	2	150	126	0.295	667
D22	58	1.70	20.07	23	94	2	150	127	0.310	701
D23	64	1.68	22.68	22	94	2	150	128	0.285	721
D24	52	1.69	18.21	20	94	2	150	130	0.387	748
D25	50	1.68	17.72	23	94	2	150	127	0.234	754
D26	81	1.68	28.70	34	94	2	150	116	0.348	587
D27	82	1.60	32.03	33	94	2	150	117	0.418	450



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
PASCASARJANA

Jl. Mayjen Haryono 169, Malang 65145, Indonesia
Telp.: +62-341-571260 ; Fax: +62-341-580801
http://ppsub.ub.ac.id E-mail: ppsub@ub.ac.id

SURAT KETERANGAN BEBAS PLAGIASI

Nomor: 1295/UN10.F40/PN/2019

Direktur Pascasarjana Universitas Brawijaya menyatakan bahwa Tesis:

Nama : Aris Samsul
NIM : 146090300011009
Judul : Analisis Indeks Paparan Radiografi Digital Pada Pemeriksaan Radiologi
Thoraks Postero Anterior Sebagai Upaya Peningkatan Proteksi Radiasi
Pasien
Program studi : Program Magister Fisika
Fakultas : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

telah dideteksi tingkat plagiasinya dengan kriteria toleransi $\leq 5\%$, dan dinyatakan bebas dari plagiasi (Rincian hasil plagiasi terlampir).

Demikian surat ini dibuat untuk digunakan sebagaimana mestinya.



18 Juni 2019
Direktur

Tembusan:

1. Ketua Program Studi yang bersangkutan
2. Pembimbing/Promotor

Prof. Dr. Marjono, M.Phil
NIP. 19621116 198803 1 004

plagiarism-detector

Cutting-edge class tool for plagiarism detection and prevention

19 0715 T



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
PASCASARJANA



SERTIFIKAT BEBAS PLAGIASI

Nomor: 1295/UN10.F40/PN/2019

Sertifikat ini diberikan kepada:

Nama : Aris Samsul
NIM : 146090300011009
Program Studi : Program Magister Fisika
Fakultas : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas : Universitas Brawijaya

Dengan Judul Tesis

**Analisis Indeks Paparan Radiografi Digital Pada Pemeriksaan Radiologi Thoraks
Postero Anterior Sebagai Upaya Peningkatan Proteksi Radiasi Pasien**

Telah dideteksi tingkat plagiasinya secara online pada tanggal **14 Juni 2019**
dan dinyatakan **bebas plagiasi** dengan kriteria toleransi $\leq 5\%$.

Malang, 18 Juni 2019
Ketua Badan Penerbitan Jurnal

Direktur

Prof. Dr. Marjono, M.Phil
NIP. 196211161988031004

Indah Yanti, S.Si., M.Si.
NIP. 19791129 200501 2 002



Universitas Brawijaya Universitas Brawijaya Universitas Brawijaya Universitas Brawijaya
Universitas Brawijaya Universitas Brawijaya Universitas Brawijaya Universitas Brawijaya