

SKRIPSI

**EVALUASI PERUBAHAN LAJU PAPARAN RADIASI TERHADAP
FAKTOR EKSPOSI PADA RADIOGRAFI UMUM KONVENSIONAL DI
BIDANG PELAYANAN KLINIK SEHAT MAKASSAR**

Disusun dan diajukan oleh

RESKI INDRAWATI USMAN HS

H21116007



**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2021

**EVALUASI PERUBAHAN LAJU PAPARAN RADIASI TERHADAP
FAKTOR EKSPOSI PADA RADIOGRAFI UMUM KONVENSIONAL DI
BIDANG PELAYANAN KLINIK SEHAT MAKASSAR**

SKRIPSI

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains
pada Program Studi Fisika Departemen Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin*

RESKI INDRAWATI USMAN HS

H21116007

**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2021

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**EVALUASI PERUBAHAN LAJU PAPARAN RADIASI TERHADAP
FAKTOR EKSPOSI PADA RADIOGRAFI UMUM KONVENSIONAL DI
BIDANG PELAYANAN KLINIK SEHAT MAKASSAR**

Disusun dan diajukan oleh:

RESKI INDRAWATI USMAN HS

H21116007

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Fisika Fakultas
Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin
pada tanggal 19 Oktober 2021
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

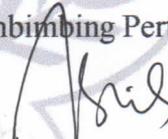
Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Prof. Dr. Syamsir Dewang, M.Eng. Sc
NIP. 19630111 199002 1 001

Pembimbing Pertama,



Dr. Sri Dewi Astuty Ilyas, M.Si
NIP. 19750513 199903 2 001

Ketua Program Studi,



Prof. Dr. Arifin, M.T
NIP. 19670520 199403 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Reski Indrawati Usman HS
NIM : H211 16 007
Program Studi : Fisika
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulis saya berjudul

**Evaluasi Perubahan Laju Paparan Radiasi Terhadap Faktor Eksposi pada
Radiografi Umum Konvensional Di Bidang Pelayanan Klinik Sehat
Makassar**

Adalah karya tulis saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 19 Oktober 2021

Yang menyatakan,



Reski Indrawati Usman HS

ABSTRAK

Penelitian telah dilakukan mengenai laju paparan radiasi di Bidang Pelayanan Klinik Sehat Makassar pada bulan Juni 2021. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui perubahan laju paparan radiasi dan dosis radiasi hambur terhadap faktor eksposi pada jarak tertentu yang diterima pekerja radiasi dari *lead glass*. Penelitian ini menggunakan pesawat radiografi umum konvensional merek Hitachi sebagai sumber radiasi sinar-X dan surveymeter RAM ION sebagai alat ukur laju paparan radiasi. Surveymeter diposisikan pada jarak 30 cm, 45 cm, 60 cm dan 75 cm dan 100 cm dari *lead glass* dan sejajar dengan tabung radiasi sinar-X. Faktor eksposi yang digunakan sesuai dengan jenis pemeriksaan yang dilakukan pada pasien meliputi pemeriksaan abdomen, cranium dan thorax. Hasil pengukuran laju paparan radiasi terbesar diperoleh pada jarak 30 cm dari *lead glass* yaitu 0.000199 Sv/h untuk tegangan tabung 100 kV dan 40 mAs, Sedangkan laju paparan radiasi terkecil diperoleh pada jarak 75 cm dari *lead glass* yaitu 0.0000355 Sv/h untuk tegangan tabung 45 kV dan 12 mAs. Sehingga paparan radiasi yang diterima pekerja radiasi masih di bawah standar yang telah ditetapkan oleh Perka BAPETEN Nomor 15 Tahun 2014 yaitu 20 mSv/tahun.

Kata Kunci: Faktor Eksposi, Laju paparan Radiasi, Radiasi Sinar-X, Surveymeter

ABSTRACT

Research has been carried out at the rate of radiation exposure in the Makassar Health Clinic Service Sector in June 2021. The purpose of this study was to determine changes in the rate of radiation exposure and scatter radiation dose to the exposure factor at a certain distance received by radiation workers from the lead glass. This study uses a conventional Hitachi brand radiographer as a source of X-ray radiation and a RAM ION survey meter as a means of measuring the rate of radiation exposure. The survey meters were positioned at a distance of 30 cm, 45 cm, 60 cm and 75 cm and 100 cm from the lead glass and parallel to the X-ray radiation tube. The exposure factors used were in accordance with the type of examination performed on the patient, including examination of the abdomen, cranium and thorax. The results of the measurement of the largest radiation exposure rate were obtained at a distance of 30 cm from the lead glass, namely 0.000199 Sv/h for a tube voltage of 100 kV and 40 mAs, while the smallest radiation exposure rate was obtained at a distance of 75 cm from the lead glass, namely 0.0000355 Sv/h for a tube voltage of 45 kV and 12 mAs. So that radiation exposure received by radiation workers is still below the standard set by BAPETEN Regulation No. 15 of 2014 which is 20 mSv/year.

Keywords: Exposure Factor, Radiation Exposure Rate, X-Ray Radiation, Surveymeter

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis ucapkan atas kehadiran Allah Subhanahu wa Ta'ala yang telah memberi kesehatan, kesempatan dan nikmat-nikmat kebaikan yang tak mungkin bisa penulis hitung jumlahnya. Penulis mengucapkan rasa syukur sedalam-dalamnya sehingga skripsi yang berjudul, “**Evaluasi Perubahan Laju Paparan Radiasi Terhadap Faktor Eksposi pada Radiografi Umum Konvensional di Bidang Pelayanan Klinik Sehat Makassar**” yang merupakan syarat untuk menyelesaikan Pendidikan Strata Satu (S1) Fisika di Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin dapat terselesaikan dengan baik meskipun pada awalnya terdapat hambatan dalam pengambilan data dikarenakan kondisi Covid-19. Namun, penulis yakin semua yang terjadi tidak terlepas dari ketentuan dan ketetapan-Nya. Shalawat dan salam penulis haturkan kepada Baginda Nabi Muhammad Shallallahu ‘alaihi wa sallam, sang suri tauladan yang paling sempurna dan menjadi panutan terbaik hingga saat ini dan akhir zaman nanti.

Penulis ingin menyampaikan terima kasih setulus-tulusnya kepada orang-orang yang telah banyak membantu penulis, kata terima kasih yang istimewa dan terkhusus kepada orang tua penulis, **Bapak Usman HS** dan **Ibu Muliati** yang telah memberikan segala bentuk kasih sayang, dukungan dan doa tulus yang tak terhitung jumlahnya kepada penulis dari kecil hingga seperti sekarang ini. Untuk kakakku **Suriani Usman HS** dan Kak **Eka Wahyuni** serta adikku **Rustan Effendi** yang selalu memberikan dukungan, semangat dan bantuan kepada penulis. Tante **Sitti** (Alm) yang telah memberikan kasih sayang dan segala bentuk perhatiannya kepada penulis sejak kecil dan telah menemani mama merawat penulis dan saudara-saudari penulis. Maaf karena belum mampu memberi dan membalas kebaikan tante tapi semoga Syurga menjadi balasan terbaik, aamiin.

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada dosen pembimbing yang penulis hormati, **Prof. Dr. Syamsir Dewang, M.Eng. Sc.**, sebagai dosen pembimbing utama dan **Dr. Sri Dewi Astuty Ilyas, M.Si.**, sebagai dosen pembimbing pertama, dengan penuh ketulusan hati penulis ucapkan terima kasih

karena telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk membimbing, mengajarkan dan senantiasa memberikan saran, masukan dan motivasi yang membangun kepada penulis hingga dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.

Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada dosen penguji yang penulis hormati, **Prof. Dr. Bualkar Abdullah, M.Eng. Sc.**, sebagai dosen penguji pertama dan **Drs. Bansawang B.J., M.Si.**, sebagai dosen penguji kedua dari seminar proposal, seminar hasil dan ujian sidang skripsi penulis. Terima kasih karena telah banyak memberikan masukan dan saran-saran serta bimbingan demi kesempurnaan skripsi penulis.

Penulis bersyukur atas bantuan orang baik yang telah menemani dan membantu penulis selama menempuh pendidikan hingga dalam proses penyelesaian tugas akhir penulis. Untuk itu penulis ingin mengucapkan terima kasih untuk keikhlasan dan ketulusan hatinya kepada:

1. **Prof. Dr. Arifin, M.T**, sebagai Ketua Departemen Fisika, Universitas Hasanuddin yang selalu memberikan yang terbaik dalam proses pembelajaran dan fasilitas belajar serta nasehat dan semangat kepada mahasiswa-mahasiswinya.
2. Seluruh **Bapak/Ibu Dosen** Departemen Fisika, Fakultas MIPA Universitas Hasanuddin yang telah memberikan ilmu kepada penulis dengan tulus hingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini, semoga ilmu yang bapak/ibu berikan berkah dan menjadi ladang pahala.
3. Seluruh **Pegawai dan Jajaran Staf Akademik** Departemen Fisika, Fakultas MIPA yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan urusan akademik.
4. Seluruh **Bapak/Ibu** di Balai Pengamanan Fasilitas Kesehatan (BPFK) Makassar yang telah memberi banyak ilmu selama penulis menjalankan PKL disana.
5. Seluruh keluarga besar penulis dan terkhusus kakak-kakak ipar penulis, kak **Suprianto Nur** dan Kak **Abd. Kadir** serta ponakan tercinta **Nur Zahra Syafitri, Aqila Misha Syafana** dan **Muhammad Nawawi Al-Faqih** yang telah mengisi dan memberi keceriaan kepada penulis.

6. Sahabatku dari MTs, **Inna** yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan nasehat kepada penulis serta menjadi tempat curhat dan teman jalan ternyaman untuk *healing* dan tadabbur alam.
7. Sahabat **Sayang (Widy, Winda, Mute, Hira, Lili, Wiwi, Uni, Fara, Sinar)** yang telah memberi hiasan terbaik sepanjang perjalanan pendidikan dan organisasi penulis selama kuliah, menjadi ruang untuk curhat dan berkeluh kesah. Terima kasih untuk segala bentuk peduli dan hadirnya dalam hidup penulis, terima kasih karena telah banyak membantu dan memberikan waktu luangnya kepada penulis dan segala bentuk kebaikan-kebaikan lainnya, tawa, bahagia, peduli, teguran dan kasih sayangnya. Memiliki sahabat seperti kalian menjadi hal yang harus dan patut untuk penulis syukuri.
8. **Arfinna S.Si.**, yang telah menjadi sahabat rasa pembimbing ketiga bagi penulis dan telah banyak membantu penulis dalam penyelesaian skripsi. Terima kasih untuk semua saran, masukan dan menjadi teman diskusi terbaik serta teman curhat dalam persoalan lika-liku hidup. Terima kasih karena telah memberikan waktu luang dan semangat dikala kesibukkannya jua.
9. Teman-teman **dekat** penulis selama kuliah (**Sita, Ida, Rara, Cahya, Indri, Lina, Dayah dan Firda**) terima kasih karena telah menjadi teman yang tidak biasa-biasa saja. Terima kasih untuk segala bentuk dukungan, bantuan dan semangatnya yang menular kepada penulis.
10. Teman-teman **Fisika 2016 (Muzul, Aldin, Wajan, Lina, Sita, Ida, Firda, Winda, Widy, ACT, Hilda, Fina, Arya, Arif, Dewa, Indri, Ilham, Patrick, Angra, Evi, Novi, Cahya, Ido, Dayah, Nidya, Mawar, Afni, Riri, Lili, Faras, Kevin, Rara, Aii, Mute)** yang telah memberi warna dalam kehidupan perkuliahan penulis, terima kasih untuk semua bantuan dan pertemanannya. Semoga kita semua sukses.
11. Teman-teman **HIMAFI 2016** yang telah menjadi teman berjuang dalam organisasi. Terima kasih untuk pengalaman dan pelajarannya yang berharga. Salam Himafi 2016, “**Melangkah Bersama Semangat**”.

12. Teman-teman **MIPA 2016** yang telah menemani proses awal dan mengisi kisah penulis dalam berorganisasi di **KM FMIPA UNHAS**. Salam MIPA 2016, **“Seperti Seharusnya”**.
13. Teman-teman **KKN Tematik Desa Sehat Gowa Gel. 102 (Widy, Eniket, Imma, Mita, Febi, Nadra, Rama dan Ahmad) Posko Desa Manuju, Gowa**. Kalian sangat baik jauh dari yang penulis panikkan sebelum KKN. Satu posko dengan kalian itu adalah salah satu keberuntungan yang ada dihidup penulis. Terima kasih juga untuk Ibu dan Tetta serta keluarga yang telah menerima dan menyambut kami dengan ramah dirumahnya.
14. Semua pihak yang tidak dapat penulis tuliskan satu persatu, terima kasih untuk bantuan dan dukungannya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.

Skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, hal ini sangat disadari oleh penulis karena adanya keterbatasan pengetahuan dan kemampuan yang dimiliki penulis. Tapi semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan para pembacanya. Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan semoga Allah Subhanahu wa Ta'ala melimpahkan segala Rahmat, Taufik dan keberkahan-Nya kepada kita semua, Aamiin Yaa Rabbal 'Alamin.

Makassar, 19 Oktober 2021



Reski Indrawati Usman HS
H211 16 007

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Rumusan Masalah.....	3
I.3 Tujuan Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
II.1 Radiasi Sinar-X	4
II.2 Pesawat Sinar-X	6
II.3 Dosis Radiasi	7
II.3.1 Paparan Radiasi	8
II.3.2 Faktor Eksposi.....	8
II.4 Nilai Batas Dosis Pekerja Radiasi	9
II.5 Prinsip Proteksi Radiasi Eksternal	10
II.5.1 Waktu Paparan	10
II.5.2 Jarak Penyinaran	11
II.5.3 Perisai Radiasi.....	11
BAB III METODE PENELITIAN	12
III.1 Tempat dan Waktu Penelitian	12
III.2 Alat dan Bahan.....	12
III.3 Prosedur Kerja	12
III.3.1 Studi Pustaka	12

III.3.2 Observasi Lapangan dan Perijinan	12
III.3.3 Pengukuran dan Pengambilan Data	13
III.3.4 Analisis Data.....	14
III.3 Bagan Alir Penelitian	14
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	16
IV.1 Hasil Pengukuran	16
IV.1.1 Perubahan Laju Paparan Radiasi dan Tegangan Tabung	16
IV.1.2 Perubahan Dosis Radiasi Hambur dan Waktu Penyinaran.....	20
IV.1.3 Perubahan antara Dosis Radiasi Hambur dan Kuat Arus	22
IV.1.4 Perubahan Laju Paparan Radiasi terhadap Faktor Eksposi	23
BAB V PENUTUP.....	27
V.1 Kesimpulan	27
V.2 Saran.....	27
DAFTAR PUSTAKA	29
LAMPIRAN.....	27
Lampiran 1. Data Pengukuran.....	32
Lampiran 2. Analisis Data Pengukuran.....	27

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 Proses Pembentukan Bremsstrahlung	5
Gambar II.2 Proses Pembentukan Sinar-X Karakteristik	5
Gambar II.3 Pesawat Radiografi Umum Konvensional.....	6
Gambar III.1 Skema Pengukuran Laju Paparan Menggunakan Surveymeter di Ruang Operator	13
Gambar III.2 Bagan Alir Penelitian.....	15
Gambar IV.1 Grafik Perubahan Laju Paparan Radiasi dengan Tegangan Tabung pada Variasi Jarak	18
Gambar IV.2 Grafik Perubahan Dosis Radiasi Hambur dengan Waktu Penyinaran pada Variasi Jarak	21
Gambar IV.3 Grafik Perubahan Dosis Radiasi Hambur dan Kuat Arus pada Jarak Tertentu	22
Gambar IV.4 Grafik Perubahan Laju Paparan Radiasi dan mAs pada Jarak Tertentu	25

DAFTAR TABEL

Tabel 2.3 Nilai Batas Dosis (NBD) Pekerja Radiasi.....	10
Tabel 3.1 Faktor Eksposi pada Pengukuran Laju Paparan Radiasi	13
Tabel 4.1 Nilai Laju Paparan Radiasi pada Variasi Tegangan dan Jarak 30 cm..	16
Tabel 4.2 Nilai Laju Paparan Radiasi pada Variasi Tegangan dan Jarak 45 cm..	17
Tabel 4.3 Nilai Laju Paparan Radiasi pada Variasi Tegangan dan Jarak 60 cm..	17
Tabel 4.4 Nilai Laju Paparan Radiasi pada Variasi dan Jarak 75 cm	18
Tabel 4.5 Nilai Faktor Eksposi dan Dosis Radiasi Hambur pada Jarak Tertentu.	18
Tabel 4.6 Nilai Perubahan Laju Paparan Radiasi dan mAs pada Jarak 30 cm	24
Tabel 4.7 Nilai Perubahan Laju Paparan Radiasi dan mAs pada Jarak 45 cm	24
Tabel 4.8 Nilai Perubahan Laju Paparan Radiasi dan mAs pada Jarak 60 cm	24
Tabel 4.9 Nilai Perubahan Laju Paparan Radiasi dan mAs pada Jarak 75 cm	24

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Radiologi merupakan salah satu pelayanan medik yang menggunakan pesawat sinar-X pada rumah sakit baik pada radiologi diagnostik maupun radiologi konvensional [1]. Pemeriksaan radiologi khususnya pada radiologi diagnostik, umumnya menggunakan sinar-X karena mampu menembus bahan atau materinya dengan baik sehingga dapat digunakan untuk melihat kondisi tulang, gigi, *abdomen* serta anggota tubuh lainnya tanpa perlu melakukan pembedahan langsung pada tubuh pasien [2,3].

Keselamatan pekerja radiasi dalam kegiatan radiologi harus diperhatikan dengan menerapkan prinsip proteksi radiasi [1]. Prinsip proteksi radiasi terdiri dari tiga hal yaitu meminimalkan jarak dengan sumber radiasi, meminimalkan waktu dan menggunakan perisai radiasi [4]. Pemanfaatan sinar-X untuk radiologi diagnostik meliputi desain ruangan, pemasangan dan pengoperasian alat radiasi sinar-X yang sesuai dengan norma keselamatan radiasi [5].

Pengoperasian alat dan rancang tata ruangan radiasi sinar-X harus sesuai dengan standar Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN) sebagai penerapan prinsip proteksi radiasi dimana pesawat radiasi sinar-X harus memberikan manfaat yang lebih besar dibandingkan dengan kerugian yang ditimbulkan. Penerapan prinsip proteksi radiasi pada saat pengoperasian pesawat radiasi sinar-X diantaranya menghindari adanya radiasi hambur. Salah satu cara untuk mengetahui adanya radiasi hambur di suatu ruangan yaitu dengan mengukur laju paparan radiasi atau dosis radiasi hambur. Selain itu, rancang tata ruang pada ruangan radiasi harus memperhatikan ketebalan dinding ruangan dimana dinding ruangan tersebut harus dilapisi dengan bahan yang memiliki nomor atom yang tinggi sehingga radiasi hambur dapat terserap dengan sempurna misalnya Timbal (Pb). Laju paparan radiasi dan dosis radiasi hambur dapat diukur dengan menggunakan alat surveymeter. Selain itu, surveymeter dapat digunakan untuk mengukur kebocoran tabung pada pesawat sinar-X. Jenis-jenis radiasi yang dapat

diukur menggunakan alat surveymeter diantaranya sinar-X atau gamma, sinar alfa, sinar beta dan neutron [6,1].

Penelitian telah dilakukan oleh M. Z. Arizal dkk, 2017 yang melakukan pengukuran radiasi hambur di luar ruangan klinik dimana hasil pengukuran diperoleh laju radiasi hambur di belakang *lead glass* sebesar 0,477 mSv/tahun untuk tegangan 50 kV, 0,76 mSv/tahun untuk tegangan 55 kV dan 0,897 mSv/tahun untuk tegangan 60 kV. Hasil yang diperoleh menunjukkan tidak adanya kebocoran pada semua dinding ruangan namun terdapat kenaikan pola sebaran radiasi hambur yang signifikan pada dinding F yang merupakan tempat berlindungnya petugas radiasi ketika melakukan pemeriksaan sehingga radiasi hambur akan bertambah dengan adanya hamburan dari dalam ruangan [7].

Penelitian lain telah dilakukan oleh J. H. Jamaluddin dkk, 2020 untuk mengetahui perubahan faktor eksposi terhadap besarnya dosis paparan radiasi yang dihasilkan oleh pesawat sinar-X menggunakan surveymeter. Pada penelitian ini diperoleh laju paparan radiasi terhadap perubahan faktor eksposi diantaranya tegangan tabung, kuat arus dan waktu penyinaran serta jarak sumber radiasi ke titik pengukuran yaitu 0,0002mR/kV, 0,00003mR/mA, 0,0009mR/ms dan 0,000003 mR/mm. Hal tersebut menunjukkan bahwa waktu penyinaran memiliki pengaruh yang relatif lebih tinggi pada laju paparan radiasi yang dihasilkan dibandingkan dengan faktor eksposi lainnya. Sedangkan faktor jarak sumber radiasi ke titik pengukuran berbanding terbalik dengan dosis paparan radiasi sehingga menyebabkan energi yang terserap oleh titik pengukuran tersebut semakin kecil [8].

Penelitian lain telah dilakukan oleh J. O. Banahene, 2018 yang melakukan penelitian terkait laju dosis radiasi hambur pada ruang tunggu pasien, ruang radiografer, ruang ganti pasien, ruang operator dan belakang pintu dengan menggunakan surveymeter yang menggunakan tegangan 77 kVp, 70 kVp, 63 kVp dan 66 kVp dengan besar intensitas 20 mAs dan 8,0 mAs dengan kondisi pemeriksaan antara lain chest, lumbar spine dan extremities. Laju dosis radiasi hambur yang paling tinggi terdapat pada variasi tegangan 77 kVp dan 20 mAs di ruang operator, ruang ganti pasien dan belakang pintu dengan nilai rata-rata

sebesar 0.12 $\mu\text{Sv}/\text{jam}$. Sedangkan laju dosis radiasi hambur yang paling rendah terdapat pada variasi tegangan 63 kVp dan 20 mAs di ruang tunggu pasien dan ruang radiografer dengan nilai rata-rata 0,10 $\mu\text{Sv}/\text{jam}$. Hal ini menunjukkan bahwa semua area ini aman bagi pekerja radiasi dan pasien [9].

Berdasarkan uraian diatas, maka penulis berkeinginan untuk mengevaluasi perubahan laju paparan radiasi serta dosis radiasi hambur terhadap tegangan tabung pada variasi jarak dan lama penyinaran di Bidang Pelayanan Klinik Sehat Makassar.

I.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh laju paparan radiasi terhadap tegangan tabung pada jarak tertentu?
2. Bagaimana pengaruh lama penyinaran terhadap dosis radiasi hambur sinar-X pada jarak yang tertentu?
3. Bagaimana pengaruh kuat arus tabung sinar-X terhadap dosis radiasi hambur sinar-X?
4. Bagaimana perubahan laju paparan radiasi terhadap faktor eksposi pada jarak tertentu?

I.3 Tujuan Penelitian

1. Mengevaluasi perubahan laju paparan radiasi terhadap tegangan tabung pada jarak tertentu.
2. Menganalisis pengaruh lama penyinaran terhadap dosis radiasi hambur sinar-X pada jarak tertentu.
3. Menganalisis pengaruh kuat arus tabung sinar-X terhadap dosis radiasi hambur sinar-X.
4. Mengevaluasi perubahan laju paparan radiasi terhadap faktor eksposi pada jarak tertentu.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Radiasi Sinar-X

Sinar-X pertama kali ditemukan oleh Wilhem Conrad Rontgen pada tahun 1895 yang merupakan pancaran gelombang elektromagnetik dengan energi yang sangat tinggi dan panjang gelombang yang pendek. Sinar-X dapat dimanfaatkan di berbagai bidang misalnya pada bidang kesehatan radiologi diagnostik [10,11]. Energi dari radiasi gelombang elektromagnetik dapat dijelaskan dengan persamaan hubungan Planck-Einstein pada persamaan 2.1 [11]:

$$E = \hbar \nu \quad (2.1)$$

Persamaan tersebut menjelaskan hubungan antara energi radiasi elektromagnetik dan frekuensi gelombang elektromagnetik. Radiasi elektromagnetik dapat bersifat sebagai gelombang atau partikel. Radiasi elektromagnetik yang bersifat sebagai gelombang dipengaruhi oleh kecepatan cahaya dimana frekuensi gelombang elektromagnetik berbanding lurus dengan kecepatan cahaya dan berbanding terbalik dengan panjang gelombang sehingga dapat dirumuskan dengan persamaan 2.2 [11,12]

$$\nu = \frac{c}{\lambda} \quad (2.2)$$

Sehingga energi radiasi elektromagnetik dapat dirumuskan pada persamaan 2.3 [12].

$$E = \hbar \frac{c}{\lambda} \quad (2.3)$$

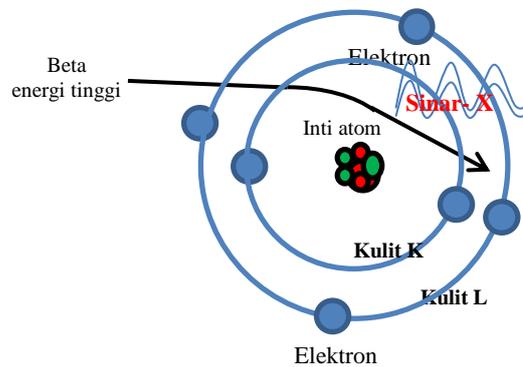
Keterangan:

- E : Energi radiasi elektromagnetik (Joule)
- \hbar : Konstanta Planck ($6,63 \times 10^{-34}$ (Joule detik))
- ν : Frekuensi Gelombang Elektromagnetik (Hz)
- c : Kecepatan Cahaya (3×10^8 m/s)
- λ : Panjang Gelombang (m)

Radiasi dibagi menjadi dua bagian yaitu radiasi pengion dan radiasi non pengion. Radiasi yang mampu mengionisasi atom-atom materi yang dilaluinya

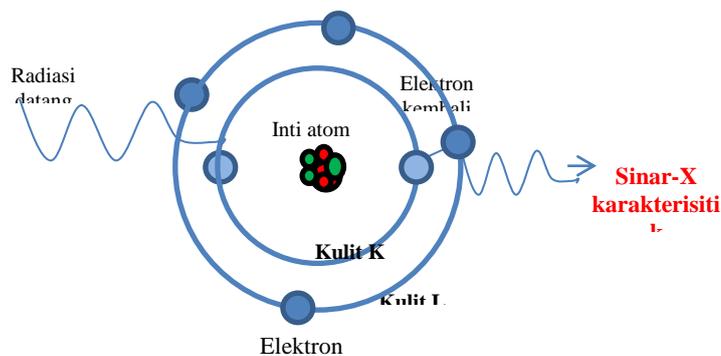
disebut sebagai radiasi pengion seperti radiasi elektromagnetik dan radiasi partikel sedangkan radiasi yang tidak mampu mengionisasi materi yang dilaluinya disebut radiasi non pengion seperti gelombang radio, cahaya tampak, inframerah dan lain-lain [11].

Proses terjadinya sinar-X terbagi menjadi dua jenis yaitu proses bremsstrahlung dan sinar-X karakteristik. Sinar-X yang terjadi apabila elektron yang datang dibelokkan ke inti atom disebut dengan sinar-X bremsstrahlung seperti pada Gambar 2.1. Proses ini terjadi apabila elektron yang mendekati inti mengalami pengurangan energi sehingga terjadilah pancaran sinar-X bremsstrahlung [12].



Gambar II.1 Proses Pembentukan Bremsstrahlung [12]

Sinar-X yang dipancarkan dari atom yang tereksitasi disebut sinar-X karakteristik seperti pada Gambar 2.2. Proses ini terjadi apabila elektron mengalami transisi dari kulit atom luar ke kulit atom yang lebih dalam. Pada saat terjadi proses transisi tersebut elektron memancarkan energi yang disebut sinar-X karakteristik [12].



Gambar II.2 Proses Pembentukan Sinar-X Karakteristik [12]

II.2 Pesawat Sinar-X

Pesawat sinar-X merupakan pesawat yang dipakai pada bidang medis untuk memproduksi sinar-X dan digunakan untuk melakukan diagnosa pada tubuh pasien. Pesawat sinar-X terdiri dari tiga bagian yaitu sistem kontrol, tegangan tinggi dan tabung sinar-X. Apabila pesawat sinar-X akan dioperasikan terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan yaitu tegangan (kV), arus (mA) dan waktu eksposi (s) [13].

Pesawat sinar-X menggunakan tabung hampa sebagai sumber elektron. Sinar-X dibangkitkan dengan cara menembaki target logam dengan menggunakan elektron cepat pada tabung hampa udara. Elektron yang dihasilkan berasal dari filamen yang dipanaskan dimana filamen juga berfungsi sebagai katoda. Ketika arus listrik yang berasal dari sumber tegangan tinggi dihidupkan, maka filamen akan mengalami pemanasan sehingga banyak elektron dari filamen yang keluar menuju permukaan. Kemudian, diberikan beda potensial yang tinggi antara anoda dan katoda sehingga elektron akan bergerak cepat dengan energi kinetik menuju anoda maka terjadilah tumbukan antara anoda atau target dengan elektron sehingga terjadilah sinar-X [13].



Gambar II.3 Pesawat Radiografi Umum Konvensional [13]

Pesawat sinar-X di unit radiologi diagnostik rumah sakit ada beberapa macam salah satunya ialah pesawat radiografi umum konvensional. Pesawat radiografi umum konvensional adalah pesawat radiasi yang digunakan untuk pemeriksaan pasien di radiologi rumah sakit. Pemeriksaan yang menggunakan pesawat ini terbagi menjadi dua jenis yaitu pemeriksaan radiografi kontras dan

non kontras tetapi secara umum jenis pemeriksaan yang sering digunakan adalah non kontras. Beberapa jenis pemeriksaan radiografi konvensional non kontras adalah pemeriksaan cranium, thorax, vertebra, pelvis, abdomen dan lain-lain [14].

Ada beberapa bagian pesawat radiografi konvensional yang dapat dilihat pada Gambar II.3 yaitu tabung sinar-X, *power supply*, generator, meja pasien, kolimator dan kaset film. Tabung sinar-X berfungsi untuk menghasilkan radiasi sinar-X, *power supply* berfungsi sebagai sumber daya untuk memberi tegangan masukan pada komponen pesawat, generator berfungsi sebagai pembangkit tenaga listrik pada pesawat sinar-X, meja pasien berfungsi sebagai tempat pemeriksaan pasien, kolimator berfungsi untuk mengatur besarnya ukuran lapangan radiasi dan kaset film berfungsi untuk menampilkan citra pemeriksaan [14,15].

II.3 Dosis Radiasi

Dosis radiasi adalah banyaknya radiasi pada medan radiasi atau jumlah energi radiasi yang diterima atau diserap oleh materi yang dilewatinya [14]. Dosis serap merupakan jumlah energi yang diserap oleh bahan persatuan massa atau banyaknya energi yang diberikan radiasi pengion kepada materi atau medium. Sinar-X yang diserap berpengaruh terhadap dosis radiasi yang diterima oleh pasien. Satuan standar internasional untuk dosis serap adalah *Gray* (Gy) dan 1 Gy sama dengan 1 *Joule* per kilogram [15].

Dosis radiasi yang diserap oleh objek dapat dihitung secara matematis dengan menggunakan persamaan 2.4 [16]:

$$D = \frac{dE}{dm} \quad (2.4)$$

Keterangan:

D : Dosis radiasi (Gy)

dE : Energi yang diserap oleh medium bermassa dm (J)

dm : Massa medium (kg)

Satuan lama dari dosis serap adalah rad (*radiation absorbed dose*). Satu rad adalah energi rata-rata yaitu sebesar 100 erg/gram yang diserap bahan dengan massa 1 gram. Dimana satu rad sama dengan 0,01 *Gray* atau satu *Gray* sama dengan seratus Rad serta satu Rad sama dengan 1,140 Rontgen [17].

II.3.1 Paparan Radiasi

Paparan radiasi merupakan kemampuan sinar-X atau gamma menimbulkan ionisasi diudara dalam volume tertentu. Paparan radiasi ini merupakan penyinaran radiasi yang diterima oleh manusia maupun materi yang dilaluinya baik secara sengaja maupun tidak. Secara matematis dalam dilihat pada persamaan 2.5 [15,16].

$$X = \frac{dQ}{dm} \quad (2.5)$$

Keterangan:

X : Paparan radiasi (C/kg)

dQ : Jumlah pasang ion yang terbentuk (C)

dm : Massa dari volume tertentu (kg)

Untuk mengurangi paparan radiasi diperlukan proteksi radiasi yaitu upaya yang dilakukan untuk menghindari kemungkinan buruk untuk kesehatan kesehatan akibat adanya paparan radiasi. Paparan radiasi yang terjadi pada organ tubuh secara bertahap akan mengalami perubahan laju dosis seiring dengan bertambahnya waktu penyinaran. Adapun persamaan laju paparan radiasi dapat dilihat pada persamaan 2.6 [16].

$$\dot{D} = \frac{D}{t} \quad (2.6)$$

Keterangan:

D : dosis radiasi (Sv atau Gray)

\dot{D} : laju paparan radiasi (μ Sv/h)

t : waktu penyinaran radiasi (s)

II.3.2 Faktor Eksposi

Dosis radiasi yang dihasilkan dipengaruhi oleh faktor eksposi antara lain tegangan tabung (kV), arus tabung (mA), waktu penyinaran (s) dan jarak penyinaran (m) [14,16].

1. Tegangan tabung (kV)

Tegangan tabung berhubungan dengan kecepatan dan energi kinetik elektron yang menumbuk bidang target sehingga memengaruhi daya tembus radiasi sinar-X yang akan melewati target. Semakin besar tegangan tabung

yang digunakan maka energi sinar-X yang dihasilkan akan semakin besar sehingga daya tembus radiasinya juga semakin besar. Pengaturan tegangan tabung pada pembuatan radiograf berfungsi untuk mengontrol nilai kontras radiograf dimana semakin tinggi nilai tegangan tabung yang digunakan maka nilai kontras radiograf yang dihasilkan akan semakin menurun karena pada proses yang terjadi akan menghasilkan radiasi hambur [14,16].

2. Arus Tabung

Arus tabung menentukan jumlah elektron yang akan melewati target sehingga intensitas dan energi dari radiasi sinar-X cukup untuk menembus organ tertentu dan berfungsi untuk mengontrol nilai kehitaman film yang akan dihasilkan. Nilai arus tabung dalam pengoperasian pesawat radiasi biasanya diaplikasikan dengan waktu penyinaran [14,16].

3. Waktu Penyinaran

Waktu penyinaran merupakan lamanya radiasi sinar-X yang dipaparkan kepada objek atau materi. Waktu penyinaran disesuaikan dengan kondisi objek yang akan diperiksa karena akan memengaruhi kuantitas sinar-X yang dihasilkan. Semakin lama waktu penyinaran yang digunakan maka radiasi yang dihasilkan akan semakin besar sehingga memengaruhi banyaknya radiasi yang diperoleh [14,16].

4. Jarak Penyinaran

Jarak penyinaran atau *Focus Film Distance* (FFD) merupakan jarak dari sumber radiasi ke film yang memengaruhi intensitas sinar-X dan paparan radiasi yang sampai ke permukaan kulit. Jarak penyinaran memengaruhi banyaknya radiasi yang diterima oleh pasien sehingga semakin dekat jarak penyinaran dari sumber radiasi ke objek maka radiasi yang diperoleh akan semakin banyak [14,16].

II.4 Nilai Batas Dosis Pekerja Radiasi

Nilai Batas Dosis (NBD) merupakan nilai terbesar yang diterima oleh masyarakat dan pekerja radiasi yang ditentukan oleh BAPETEN untuk menghindari efek genetik dan somatik. Nilai Batas Dosis diatur sesuai dengan prinsip proteksi radiasi yaitu limitasi yang berlaku untuk pekerja radiasi, pekerja

magang (16-18 tahun) dan anggota masyarakat. Nilai Batas Dosis untuk pekerja radiasi di Indonesia telah ditetapkan oleh PERKA BAPETEN Nomor 15 Tahun 2014 tentang Keselamatan Radiasi dalam Produksi Pesawat Sinar-X Radiologi Diagnostik dan Intervensional pasal 24, dapat dilihat pada Tabel 2.3 [17,18].

Tabel 2.3 Nilai Batas Dosis (NBD) Pekerja Radiasi

Keterangan Dosis	Nilai Batas Dosis (NBD) (mSv)
Dosis efektif	Rata-rata sebesar 20 mSv (milisievert)/tahun dalam periode 5 tahun, sehingga dosis yang terakumulasi dalam 5 tahun tidak boleh melebihi 100 mSv
Dosis efektif	50 mSv dalam 1 tahun tertentu
Dosis ekivalen untuk lensa mata	Rata-rata sebesar 20 mSv/tahun dalam periode 5 tahun dan 50 mSv dalam 1 tahun tertentu
Dosis ekivalen untuk kulit	500 mSv/tahun
Dosis ekivalen untuk tangan atau kaki	500 mSv/tahun

II.5 Prinsip Proteksi Radiasi Eksternal

Proteksi radiasi merupakan cabang ilmu pengetahuan yang memberikan upaya keselamatan baik kepada manusia maupun lingkungan terhadap adanya kemungkinan negatif akibat adanya paparan radiasi seperti mencegah terjadinya efek deterministik maupun efek stokastik. Peluang terjadinya efek non stokastik pada pasien, pekerja radiasi maupun masyarakat [19]. Asas-asas prinsip proteksi radiasi terbagi menjadi tiga bagian yaitu justifikasi, limitasi dan optimisasi. Adapun tiga prinsip proteksi radiasi eksternal yaitu mengurangi waktu saat disekitar sumber radiasi, memosisikan diri sejauh mungkin dari sumber radiasi dan menggunakan perisai radiasi [20].

II.5.1 Waktu Paparan

Pengaturan waktu merupakan hal penting agar dapat mengurangi penerimaan dosis. Pengurangan waktu paparan mempengaruhi jumlah paparan dosis yang diterima. Hal ini diasumsikan bahwa laju paparan dikalikan dengan

lama paparan radiasi sebanding dengan dosis total yang diterima sehingga pembatasan waktu paparan perlu diminimalisir agar radiasi yang diperoleh tidak melebihi Nilai Batas Dosis (NBD) yang telah ditentukan.

II.5.2 Jarak Penyinaran

Pengaruh jarak mempengaruhi banyaknya dosis yang diterima oleh tubuh manusia. Semakin jauh jarak pekerja dengan sumber radiasi maka akan menyebabkan sedikitnya paparan yang diterima. Semakin besar atau jauh jarak dari sumber radiasi maka laju dosis ditempat tersebut akan semakin berkurang. Secara matematika hal ini disebut sebagai hukum kuadrat jarak terbalik yang dapat dituliskan pada persamaan 2.7 [12, 21]:

$$D_1 r_1^2 = D_2 r_2^2 \quad (2.7)$$

Keterangan:

D_1 : Laju dosis radiasi pada jarak r_1 dari sumber

D_2 : Laju dosis radiasi pada saat r_2 dari sumber

II.5.3 Perisai Radiasi

Upaya yang dapat dilakukan untuk menjaga keselamatan dan mengurangi risiko bahaya radiasi yaitu dengan menyediakan dan menggunakan alat perisai radiasi sinar-X. Alat perisai radiasi sinar-X dapat berupa apron, *lead glass*, *glove latex* dan lain-lain yang dapat melindungi pekerja dan masyarakat umum dari bahaya radiasi yang ditimbulkan akibat penggunaan zat radioaktif atau sumber radiasi sinar-X. Bahan perisai radiasi sinar-X yang bagus adalah bahan dengan nomor atom yang tinggi karena dapat menyerap radiasi lebih baik dibandingkan dengan bahan yang memiliki nomor atom yang lebih rendah, misalnya Timbal (Pb) atau timbal kaca (*lead glass*) [22].