

*Skripsi Fisika*

**ANALISIS PERBANDINGAN DOSIS PAPARAN MEDIK  
PADA PEMERIKSAAN DENTAL INTRAORAL  
DENGAN VARIASI SUDUT PENYINARAN DAN FAKTOR EKSPOSI  
MENGUNAKAN PHANTOM PERSPEX**

**NURUL ILMI**

**H021181301**



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

**2022**

**ANALISIS PERBANDINGAN DOSIS PAPARAN MEDIK  
PADA PEMERIKSAAN DENTAL INTRAORAL  
DENGAN VARIASI SUDUT PENYINARAN DAN FAKTOR EKSPOSI  
MENGUNAKAN PHANTOM PERSPEX**

**SKRIPSI**

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

**NURUL ILMI**

**H021181301**

**DEPARTEMEN FISIKA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2022**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**ANALISIS PERBANDINGAN DOSIS PAPARAN MEDIK  
PADA PEMERIKSAAN DENTAL INTRAORAL  
DENGAN VARIASI SUDUT PENYINARAN DAN FAKTOR EKSPOSI  
MENGUNAKAN PHANTOM PERSPEX**

Disusun dan diajukan oleh

**NURUL ILMI**

**H021181301**

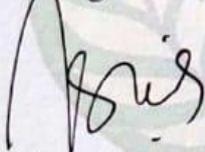
Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi Program Sarjana Program Studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin

Pada Tanggal 11 November 2022

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

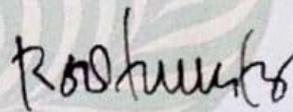
Menyetujui

Pembimbing Utama,



Dr. Sri Dewi Astuty, S.Si, M.Si  
NIP. 197505131999032001

Pembimbing Pedamping,



Rostini Ali, SKM, S.Si., M.Si  
NIP. 197507141999032003

Ketua Program Studi,



Prof. Dr. Arifin, M.T.  
NIP.196705201994031002



## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Nurul Ilmi  
NIM : H021181301  
Program Studi : Fisika  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

**ANALISIS PERBANDINGAN DOSIS PAPARAN MEDIK  
PADA PEMERIKSAAN DENTAL INTRAORAL  
DENGAN VARIASI SUDUT PENYINARAN DAN FAKTOR EKSPOSI  
MENGUNAKAN PHANTOM PERSPEX**

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

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

Makassar, 11 November 2022

Yang menyatakan



Nurul Ilmi

## KATA PENGANTAR

الرَّحِيمِ الرَّحْمَنِ اللَّهُ بِسْمِ

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi dengan judul “**Analisis Perbandingan Dosis Paparan Medik pada Pemeriksaan Dental Intraoral dengan Variasi Sudut Penyinaran dan Faktor Eksposi Menggunakan Phantom Perspex**”. Berbagai upaya telah dilakukan penulis untuk menyelesaikan penulisan skripsi ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelas sarjana sains. Ucapan terima kasih yang setinggi-tingginya Penulis haturkan kepada kedua orang tua, Bapak **H.Ence** dan Ibu **Masdiana** untuk setiap kasih sayang, doa dan motivasinya, serta dukungan yang selalu memberikan kepada Penulis.

Dalam penyelesaian skripsi penulis telah mengalami berbagai hambatan dan menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, hal ini terjadi karena kelemahan dan keterbatasan pengetahuan yang dimiliki oleh penulis. Namun, atas kehendaknya hambatan tersebut berhasil dilalui oleh penulis sehingga penyusunan skripsi ini dapat diselesaikan. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada:

1. Kepada **Keluarga Besar** yang selalu memberikan dukungan dan saran untuk memperbaiki dan menjaga diri serta dukungan moril dan materil kepada sang penulis.
2. Ibu **Dr. Sri Dewi Astuty, M.Si** selaku pembimbing utama yang telah banyak meluangkan waktunya untuk membimbing penulis, memberi arahan, motivasi, dukungan serta kepercayaan selama penulis melakukan penelitian dan penyusunan skripsi ini.
3. Ibu **Rostini Ali, S.Si., M.Si** selaku pembimbing pertama yang telah banyak membimbing penulis dalam proses pengambilan data dan memberikan arahan terkait penelitian yang penulis lakukan.

4. Bapak **Prof. Dr. Syamsir Dewang, M.Eng,Sc.** dan Bapak **Heryanto, S.Si, M.Si** sebagai dosen penguji skripsi fisika yang telah banyak memberikan masukan dan saran yang membangun untuk kesempurnaan skripsi ini serta tambahan ilmu pengetahuan bagi penulis.
5. Seluruh Staf Jurusan Fisika terkhusus kepada (**Ibu Rana, Ibu Evi dan Pak Syukur**) dan seluruh **Pegawai dan Jajaran Staf Akademik** Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin yang telah banyak membantu penulis dalam mengurus administrasi selama melakukan perkuliahan hingga pada tahap penyelesaian Tugas Akhir.
6. Keluarga tercinta Penulis terkhusus untuk **Mutahharah Rahmat, Mutmain Rahmat dan Putri Muriani.** terima kasih sudah menjadi kakak sekaligus orang tua kedua bagi Penulis selama masa kuliah di perantauan.
7. Sahabat sekaligus saudara tak sedarah yang dipertemukan dari Sekolah Menengah Atas (SMAN 1 LASUSUA) **Kamila Zahra, Marfu'atul Jannah Bahtiar dan Mutiah** yang senantiasa menemani setiap perjalanan hidup penulis hingga saat ini.
8. Sahabat sejawat dari Sekolah Menengah Pertama **Besse Sari Selvianti, S.Pi dan Kurnia, S.Pd** yang senantiasa mendengarkan keluh kesah penulis.
9. Teruntuk teman seperjuangan penulis **Yesrielly, Siti Nurhayati, Risdayani dan Aqila** yang selalu siap membantu penulis. Terimakasih selalu memberikan solusi dan semangat, selalu mau direpotkan dan paling mengerti keadaan. Semoga segala hal yang selalu diimpi-impikan terwujud dikemudian hari, Aamiin.
10. Teruntuk teman sekamar sektor pondok fiqhi indah (107) **Iswatun Khazanah, Jihan Faruk Zubedi dan Zefanya Eveline Sharon Kailem** terima kasih telah menemani setiap keluhan dan perubahan mood penulis selama tinggal bersama serta senantiasa memberikan saran kepada penulis. Semoga segala hal yang diimpikan dapat terwujud dikemudian hari.
11. Terkhusus **Yesrielly** kawan 301-302, PA dan Kerja Praktek yang selalu kebersamai penulis sejak maba hingga detik-detik terakhir sebagai

mahasiswa. Semoga dimudahkan segala *wish*-nya dan semoga kesuksesan selalu kebersamai, Aamiin.

12. Teruntuk **Dewi, Maya, Indah(Wibu), Milda, dan Syarif**. Terima kasih telah kebersamai dan membantu Penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
13. Saudara tak sedarah Penulis **HIMAFI 2018, Iis, Jihan, Fya, Ainul, Jojo, Marni, Irma, Fira, Wilda, Sri, Fhaika, Aini, Zefa, Acam, Dena, Nunu, Vika, Yesi, Wibu, Geby, Milen, Suci, Mute, Nilam, Onding, Nisa, Yen, Juni, Kiki, Epe, Ayu, Ocha, Windy, Sheren, Dhea, Fina, Fiskah, Chana, Feni, Risda, Uli, Kutir, Sari, Firda, Cunni, Yuyun, Cica, Aqila, Angela, Azmi, Aulia, Dede, Justin, Hadi, Patan, Tater, Mulyanto, Hasnan, Heral, Ipul, Uci, Azlan, Sarwan, Wawan, Pian, Agung, Komang, Masdar, Yusran, Yansen, Syahrul, Indra, Slengos, Rana, Izzah, Afni, Dilla, Yusril dan Fauzan**. Terima kasih telah berproses bersama Penulis selama masa perkuliahan, tetap **“Satu Tekad Taklukkan Waktu”**.
14. Teman-teman **MIPA 2018**, khususnya **Pengurus BEM FMIPA Unhas Periode 2021/2022, Jalil, Dede, Alif, Milen, Chand, Lutfi, Andri, Yusuf, Heral, El, Icha, Pitto, Ninis, Geby, Wilda, Juni, Uci, Ardi, Azlan, Ipul, Syahrul, Kido, Onding, Marni, Wildawati, Umar, Hasnan, Aldo, Fina, Maya, Aqila, Acam, Justin, Inul, Agung, Farhan, Komang, Ail, Sarwan, Wawan, Iis, Nunu, Sheren, Shamad, Ishak, Cilla, Firda, Spaer, Jojo, Yaya, Nasmah, Afni, Yuyun, Syara, Snufkin, Nando, Calli, Ana, Dena, Esri, Fira, Isa, Jihan, Fya, Marsya, Vivi, Zefa, dan Vika**. Terima kasih atas kebersamaannya dari Maba hingga saat ini, salam **“Use Your Mind Be The Best”** dan **“Takkan Pudar”**.
15. Terima kasih pada **Kakak MIPA 2015 (Kak Nuge, Kak Gustamin, Kak Novi, Kak Risna, Kak Hafis, Kak Erfi, dll.)** selaku Pengurus BEM Penulis, **Kakak HIMAFI 2016 (Kak Arif, Kak Winda, Kak Mute, Kak Arya, Kak Ulla, Kak Ayyub, Kak Hasrina, dll.)** selaku Pengurus Himpunan Penulis, dan **Kakak HIMAFI 2017 (Kak Ate’, Kak Uci, Kak Zahra, Kak Azhardi, Kak Agung, Kak Ardi, Kak Zhafaat, dll.)** selaku Panitia yang telah banyak mengajarkan hal baik pada Penulis.

16. Adik-adik **HIMAFI 2019**, Galib, Kamil, Yusri, Jimbo, Alya, Nurul, Fara, Ikram, Israil, Asira, Nara, Rati B, Pitti, Eni, Hajrul, Sire, Umni, Hajar, Tiche, Mutiara, Rara, Gunawan, Mahar, Ririn, Enjel, Jasmine, Maria, Hartini, Yoriska, Agus, Nabila, Daya, Risma, Yuni, Salsa, Elivia, Atul, Septi, Lela, dan Azizah. Terima kasih sudah memberikan kesan yang indah ketika Penulis menjalani kepanitiaan, kepengurusan dan *steering comite* di Himafi FMIPA Unhas, tetap “**Bangkit dan Buktikan**” bersama **HMGF 2019** Sebagai saudara.
17. Adik-adik Himafi 2020 “**RE20NANSI**” Fausi HS, , Vicram, Mutiara, Astrid, Nurul, Agil, Yuni, Nindy, Andrianus, Isma, Akmal, Faqihah, Aandri, Adnan, Abe, Bayu, Inayah, Bisman, Fathul, Jenella Pn, Rifaldi, Andi Silvia, Amri, Elza, Putri, Pryandi, Uci, Andi Asti, Ummu, Harbi, Vanness, Andani, Emar, Sahrul, Ainun, Novra, Nastasyah, Eunike, Indriani, Epy, Fadhilah, Novi, Stevan, Waode, Fatma, Indah, Eka, Nidia, Andi Akmal, Syamsiah, Husain, Robiah, Khafifayanti, Dirga, Anika, Ebi, Nanda, Eva, Sulistiana, Yusria, Alif, Nisa Dan Uwais. Terima kasih telah menjadi adik-adik yang baik selama Penulis menjadi Pengurus Himafi FMIPA Unhas, jaga terus kebersamaannya dan tetap “**Eratkan Genggaman Kuatkan Kebersamaan**”.
18. Terima kasih pula untuk 419 adik-adik **MIPA 2021** untuk setiap pengalaman berharga selama Penulis menjadi Pengurus BEM FMIPA Unhas, tetap “**Satu Asa Nyala Bersama**”.
19. Seluruh **Fisika Unhas angkatan 2018** banyak cerita telah dilalui bersama dari mahasiswa baru hingga sekarang satu persatu telah menyelesaikan masa studinya. Semoga kita semua sukses dimasa mendatang dan silaturahmi diantara kita tetap terjalin.
20. Teruntuk **Andi Muhammad Yusuf Abdullah (Tater/Aya)**, terima kasih telah membantu membuat Poster Paper Tugas Akhir Penulis yang awam pada bidang tersebut.
21. Teruntuk diri saya yang terus berusaha sampai sejauh ini serta semua pihak yang tidak dapat Penulis sebutkan satu persatu dan telah banyak berkontribusi

sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Semoga karya tulis ini dapat bermanfaat bagi penulis dan para pembacanya terutama yang berkaitan dengan Fisika Medis terkhusus kepada Radiodiagnostik (Pesawat Dental Intraoral) .

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini tentunya memiliki kekurangan, oleh karena itu Penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi Penulis maupun pembaca di masa mendatang. Akhir kata, penulis mengucapkan terimakasih banyak kepada semua pihak yang telah membantu dan semoga Allah SWT melimpahkan karunia-Nya dalam setiap amal kebaikan, Aamiin.

Makassar, 11 November 2022

Penulis

Nurul Ilmi  
H021181310

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN SAMPUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>.ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>.iii</b>
<b>HALAMAN KEASLIAN</b> .....	<b>.iv</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>.v</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>.x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>.xii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>.xiii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>.xiv</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>xv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>.xvi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
I.1 Latar Belakang .....	1
I.2 Rumusan Masalah .....	3
I.3 Tujuan Penelitian.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
II.1 Sinar X .....	4
II.2 <i>Dental X-Ray Intraoral</i> .....	5
II.3 Dental Radiografi.....	6
II.4 Dosis Radiasi .....	9
II.5 Efek Radiasi Pengion .....	14
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	
III.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	17
III.2 Alat dan Bahan .....	17
III.3 Prosedur Penelitian .....	17
III.4 Alur Penelitian .....	20

## **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

IV.1 Uji Reprodusibilitas Pesawat Dental Intraoral .....	21
IV.2 Pengukuran Dosis Radiasi Dental Intraoral dengan Variasi Tegangan dan Waktu Eksposi .....	23
IV.3 Pengukuran Dosis Radiasi Dental Intraoral dengan Variasi Arah Penyinaran .....	24
IV.4 Estimasi nilai dosis efektif pada jaringan mata dan tiroid.....	30

## **BAB V KESIMPULAN**

V.1 Kesimpulan .....	33
V.2 Saran .....	33

## **DAFTAR PUSTAKA.....34**

## **LAMPIRAN .....37**

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> <i>Dental X-Ray Intraoral</i> .....	5
<b>Gambar 2.2</b> Posisi bitewing tab dan headtube x-ray pada radiografi bitewing...	7
<b>Gambar 2.3</b> Teknik paralel pengambilan radiograf periapikal .....	8
<b>Gambar 2.4</b> Teknik bisekting pengambilan radiografi periapikal .....	9
<b>Gambar 3.1</b> Teknik Pemeriksaan Dental X-Ray dengan metode sudut Penyinaran .....	19
<b>Gambar 3.2</b> Desain pengukuran keluaran radiasi .....	19
<b>Gambar 3.3</b> Alur penelitian .....	20
<b>Gambar 4.1</b> Grafik hubungan antara keluaran radiasi titik mata pada jenis posisi penyinaran dan arah penyinaran .....	26
<b>Gambar 4.2</b> Grafik hubungan antara keluaran radiasi dengan sudut penyinaran terhadap posisi gigi target dengan variasi tegangan keluaran.....	29

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Tingkat panduan Dosis radiografi diagnostik untuk setiap pasien dewasa tertentu .....	10
<b>Tabel 2.2</b> Dosis efektif pada pemeriksaan gigi rutin .....	11
<b>Tabel 2.3</b> Nilai Q untuk jenis radiasi .....	12
<b>Tabel 2.4</b> Faktor bobot radiasi untuk beberapa jenis dan energi radiasi .....	13
<b>Tabel 2.5</b> Faktor bobot jaringan untuk berbagai organ tubuh .....	14
<b>Tabel 4.1</b> Hasil perhitungan koefisien variasi pada uji reproduksibilitas tegangan, waktu dan dosis keluaran .....	21
<b>Tabel 4.2</b> Hasil pengukuran keluaran radiasi dengan variasi tegangan dan waktu eksposi .....	23
<b>Tabel 4.3</b> Hasil pengukuran keluaran radiasi hambur pada mata.....	25
<b>Tabel 4.4</b> Hasil pengukuran dosis radiasi pada tiroid .....	27
<b>Tabel 4.5</b> Estimasi nilai dosis efektif pada jaringan mata dan tiroid pada variasi sudut penyinaran tegangan 60 kV .....	31
<b>Tabel 4.6</b> Estimasi nilai dosis efektif pada jaringan mata dan tiroid pada variasi sudut penyinaran tegangan 65 kV .....	31
<b>Tabel 4.7</b> Estimasi nilai dosis efektif pada jaringan mata dan tiroid pada variasi sudut penyinaran tegangan 60 Kv .....	31

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1.</b> Reprodusibilitas (Perhitungan Koefisien Variasi) .....	37
<b>Lampiran 2.</b> Data Batas Lolos Uji Kesesuaian Perka Bapeten No.2 Tahun 2022 .....	42
<b>Lampiran 3.</b> Hasil pengukuran keluaran radiasi.....	43
<b>Lampiran 4.</b> Hasil Pengukuran Dosis Radiasi Dental Intraoral dengan Variasi Arah Penyinaran .....	44

## ABSTRAK

Telah diteliti pengaruh sudut penyinaran dan variasi faktor ekposi terhadap dosis radaisi hambur sinar X yang sampai di daerah mata dan tiroid pada pemeriksaan pesawat dental intraoral. Target objek terhadap daerah mata dan tiroid dipilih karena dianggap sebagai jaringan yang memiliki tingkat radiosensitifitas tinggi. Analisis yang digunakan adalah mengukur kestabilan keluaran radiasi dari pesawat dental intraoral pada tegangan yang sama, serta menentukan tingkat paparan radiasi hambur yang sampai di target apakah masih aman. Penelitian ini menggunakan variasi sudut penyinaran yaitu, 5°, 10°, 15°, 30° dan 40° serta variasi tegangan 60, 65 dan 70 kV. Hasil yang diperoleh berupa Koefisien Variansi dari uji reproduksibilitas masing-masing tegangan berturut-turut adalah 0,0094, 0,0097, 0,0307. Distribusi dosis hambur yang sampai ke jaringan mata maksimum pada sudut penyinaran 5° dengan nilai pada masing-masing faktor ekspose 60,65 dan 70 kV berturut-turut diperoleh 3,10  $\mu$ Sv, 5,53  $\mu$ Sv dan 7,30  $\mu$ Sv, sedangkan distribusi dosis hambur yang sampai ke jaringan tiroid terbesar pada sudut penyinaran 40° dengan masing-masing faktor ekspose 60,65 dan 70 kV berturut-turut sebesar 22,83  $\mu$ Sv, 33,60  $\mu$ Sv dan 43,30  $\mu$ Sv. Dapat disimpulkan bahwa jaringan radiosensitif yang akan mendapatkan dosis hambur dengan peningkatan sudut penyinaran akan maksimum diterima oleh jaringan tiroid.

***Kata Kunci:*** Dental Intraoral, Mata dan Tiroid, Dosis Hambur

## ABSTRACT

It has been investigated the effect of irradiation angle and various exposure factors on the dose of scattered X-ray radiation reaching the eye and thyroid area on intraoral dental examination. The target object to the eye and thyroid area was chosen because it is considered a tissue that has a high level of radiosensitivity. The analysis used is to measure the stability of the radiation output from the intraoral dental apparatus at the same voltage, and to determine whether the level of exposure to scattered radiation that reaches the target is still safe. This study uses variations in irradiation angles namely, 5°, 10°, 15°, 30° and 40° as well as voltage variations of 60, 65 and 70 kV. The results obtained in the form of Coefficient of Variance from the reproducibility test of each stress successively are 0,0094, 0,0097 and 0,0307. The distribution of the scattered dose that reaches the eye tissue is maximum at an irradiation angle of 5° with values for each exposure factor of 60, 65 and 70 kV respectively obtained 3,10 µSv, 5,53 µSv and 7,30 µSv, while the dose distribution The scatter that reaches the thyroid tissue is greatest at an irradiation angle of 40° with exposure factors of 60, 65 and 70 kV respectively of 22,83 µSv, 33,60 µSv and 43,30 µSv. It can be concluded that the radiosensitive tissue that will receive a scattering dose with an increase in the irradiation angle will be maximally received by the thyroid tissue.

**Keywords:** *Dental Intraoral, Eye and Thyroid, Scattered Dose*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### I.1 Latar Belakang

Penemuan sinar X diaplikasikan dalam bidang medis terutama untuk keperluan diagnosis. Beberapa jaringan tubuh memerlukan energi yang tinggi, dan energi yang rendah untuk mendapatkan hasil citra dalam radiografi sinar X. salah satu pemanfaatan sinar X untuk diagnosis dengan energi radiasi rendah adalah foto gigi (*dental x ray*). Pada tahun 1895-1896 sinar X digunakan pertama kali untuk foto gigi (premorol bawah) yang dilakukan oleh seorang dokter bernama Dr.Otto Walkhoff dengan penyinaran selama 25 menit, yang kemudian menjadi 9 menit oleh seorang ahli fisika Walter Koenig dan waktu penyinaran sekarang menjadi 1/10 second (6 *impulses*)[1,2,3].

Menurut *The Global Burden of Disease Study 2016* karies gigi (gigi berlubang atau mengalami kerusakan) menjadi permasalahan gigi utama di dunia. Kementerian kesehatan republik Indonesia mengemukakan bahwa karies gigi memiliki proporsi sebanyak 45,3% yang dinyatakan dalam hasil riset kesehatan dasar (Riskesdas) tahun 2018[4].

Pemeriksaan pada pesawat *dental x-ray* terbagi atas dua yaitu pemeriksaan *intraoral* dan *ekstraoral*. Pada pemeriksaan *intraoral* difokuskan pada beberapa bagian gigi yang ingin di diagnosis, sedangkan pada *ekstraoral* pemeriksaan diagnosis kepada seluruh bagian gigi yang mencakup kepala dan rahang pada pasien. Tipe pemeriksaan pada *intraoral* dan *ekstraoral* terbagi menjadi beberapa macam, yaitu: periapikal, *bitewing*, dan okusal untuk *intraoral* sedangkan pada *ekstraoral*, yaitu *panoramic*[1]. Pada setiap bagian pemeriksaan gigi ada kemungkinan terjadinya akumulasi dosis hamburan yang dapat mengenai bagian mata maupun tiroid. Kedua organ ini termasuk organ vital dan bersifat radiosensitif. Sehingga, jika tidak diperhatikan radiasi hambur yang sampai ke organ tersebut akan menyebabkan efek yang tidak diinginkan.

Penelitian mengenai akurasi pemeriksaan dental X ray terhadap ketajaman gambar citra diganosa karies gigi yang dihasilkan dengan membandingkan teknik bitewing, periapikal dan panoramik telah dilakukan oleh, N.A.Nadhira(2019). Hasil yang diperoleh menyatakan bahwa radiografi *bitewing* memiliki keakuratan hingga 90%, periapikal 85% dan panoramik 65% [5]. Penelitian lain diteliti oleh Andre. A tahun 2018 memperoleh citra struktur gigi dalam pemeriksaan intraoral dengan variasi sudut penyinaran 20°, 30°, 40°, 50° dan 60°. Hasil yang diperoleh bahwa pada sudut penyinaran 40° mampu men mendapatkan dimensi panjang gigi yang akurat<sup>6</sup>. Dalam artikelnya juga dijelaskan berdasarkan jenis pemeriksaan posisi gigi yaitu molar, premolar, caninus, dan insisivus baik bagian atas serta bagian bawah yang merupakan standar pemeriksaan yang dipilih pada tools dental X-ray. Keempat pemeriksaan gigi tersebut akan menghasilkan citra yang akurat sesuai dengan sudut penyinaran yang berbeda.

Penelitian yang terkait mengenai pengukuran dosis dan mengevaluasi distribusi dosis didaerah kepala dan leher telah dilakukan oleh Hsiu-Ling Chen, dkk (2010). Diperoleh hasil bahwa nilai dosis relatif lebih rendah pada jaringan lunak dan lebih tinggi pada permukaan tulang dibandingkan dengan investigasi lainnya dan didapatkan akumulasi dosis yang lebih besar disajikan pada organ penting, seperti kelenjar ludah, kelenjar tiroid, dan sumsum tulang [7]. Penelitian terkait dosis efektif pada pemeriksaan gigi teknik *bitewing* dengan sistem pencitraan tomosintesis intraoral stasioner telah dilakukan oleh K.B.Jhonson, dkk (2020). Pada hasil penelitian tersebut didapatkan bahwa nilai dosis efektif yang dihasilkan saat penyinaran tanpa sensor adalah 15,4 mSv, 4,6 mSv dan 11,9 mSv, sedangkan dengan menggunakan sensor adalah 8,2 mSv, 1,1 mSv dan 5,9 mSv [8].

Resiko pemanfaatan sinar X harus sesuai dengan standar BAPETEN yang berbeda-beda berdasarkan pesawat dan kasus klinis. Dosis yang melewati batas ambang akan berdampak negatif hingga timbulnya kanker. Pada peraturan BAPETEN nomor 8 tahun 2011 tentang keselamatan radiasi dalam penggunaan pesawat sinar X radiologi diagnostik dan intervensional membahas nilai batas ambang dosis yang dapat diterima pasien pada pemeriksaan sinar X. Peraturan

batapeten menunjukkan bahwa nilai batas ambang dari radiografi *intraoral* gigi yaitu 7 mGy, 15 mSv untuk lensa mata dan 50 mSv untuk semua organ (tiroid) [9].

Berdasarkan uraian tersebut peneliti menganggap dalam pendeteksian penyakit gigi yang paling sering dijumpai (karies gigi) pemeriksaan *intraoral* merupakan metode yang baik dalam penegakkan diagnosisnya. Pada metode ini perlakuan setiap posisi gigi berbeda, dengan pemberian sudut penyinaran untuk mendapatkan dimensi atau struktur gigi yang baik. Namun, pada pengaplikasiannya radiasi hambur akan mengenai organ terdekat karena adanya celah yang timbul setiap pemberian sudut penyinarannya. Hipotesa awal dalam penelitian ini dosis hambur akan terserap lebih banyak pada organ tiroid ketika pemberian sudut penyinaran yang tinggi dengan tabung sinar X mengarah ke bawah, begitupun sebaliknya pada organ mata. Penelitian ini hadir untuk mengevaluasi nilai dosis yang didapatkan pasien untuk pemeriksaan gigi *intraoral* terutama dalam hal proteksi radiasi.

## **I.2 Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana distribusi dosis radiasi pada pemeriksaan dental *intraoral* dengan variasi tegangan dan jenis gigi?
2. Bagaimana tingkat paparan medik dengan perkiraan dosis efektif pada pemeriksaan pesawat sinar X dental *intraoral*?

## **I.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan penelitian pada penelitian ini adalah:

1. Mengidentifikasi nilai keluaran radiasi pada pemeriksaan dental *intraoral* variasi tegangan dan jenis gigi
2. Menginterpretasi dosis efektif yang sampai di jaringan mata dan tiroid dengan variasi sudut penyinaran dan tegangan pada pemeriksaan dental *intraoral*.

## BAB II

### TINJUAN PUSTAKA

#### II.1 Sinar X

Sinar X merupakan gelombang elektromagnetik yang memiliki panjang gelombang lebih pendek dari sinar tampak. Semenjak ditemukan Sinar X, banyak pemanfaatannya digunakan dalam kebutuhan kedokteran terkhusus mendiagnosis penyakit dalam manusia tanpa harus melakukan pembedahan. Salah satu bentuk pemanfaatan Sinar X yaitu pada Sinar X dental. Sinar X dental merupakan radiasi dengan panjang gelombang  $1/10.000$  dari cahaya tampak. Sinar X dapat membedakan antara jaringan yang ada di dalam tubuh manusia dengan perbedaan kerapatannya[11].

Perbedaan antara arus searah yang besar pada kedua elektroda yaitu katoda dan anoda pada tabung hampa merupakan hal dapat menimbulkan Sinar X. Arus listrik yang digunakan dalam pemanasan *filament* untuk dapat memanaskan elektron ke elektron lainnya, elektron-elektron ini yang akan dipancarkan menuju anoda dari katoda. Perbedaan tegangan pada katoda dan anoda dalam orde yaitu 20KeV dan 100 KeV, sedang dalam kesehatan digunakan 80KeV - 90KeV. Dalam perkembangannya ditemukan karakteristik dari sinar X, yaitu[12]:

1. Menghitamkan plat potret(film)
2. Mengionisasi gas
3. Menembus berbagai zat
4. Menembus fluorosensi
5. Merusak jaringan.

Sinar X *bremstrahlung* merupakan sinar yang dihasilkan dari partikel bermuatan listrik yang bergerak dengan kecepatan tinggi. Ketika partikel tersebut melintas mendekati inti atom, maka gaya tarik elektrostatis dari inti atom akan sangat kuat dan dapat membuat arah elektron bergerak membelok dengan tajam. Hal tersebut membuat elektron kehilangan energinya dengan memancarkan

elektromagnetik [13]. Sinar *bremsstrahlung* mempunyai spektrum energi yang kontinu.[14]

Sinar X karakteristik merupakan sinar yang timbul karena adanya transisi elektron dari elektron yang memiliki tingkat energi lebih tinggi kepada elektron yang memiliki tingkat energi yang lebih rendah[15]. Sinar X yang terbentuk melalui proses tersebut mempunyai energi yang sama dengan selisih energi dari kedua tingkat energi elektron tersebut, maka dari itu jenis atom akan memiliki nilai energi dengan tingkatan-tingkatan yang berbeda. Hal tersebut pula membuat sinar X karakteristik mempunyai nilai spektrum energi yang diskrit.[14]

## II.2 Dental X-Ray Intraoral

Pencitraan mulut dan maksilofasial mengacu pada disiplin ilmu dan teknologi untuk mendiagnosis rongga mulut dan organ di sekitarnya melalui sinar X. Seiring waktu, cakupan dalam pencitraan tersebut telah berkembang melampaui gigi, yaitu untuk mencakup anatomi di dalam rongga mulut dan banyak organ di sekitarnya terutama, struktur tulang yang meliputi rahang, temporomandibular sendi (TMJ), sinus maksilaris dan turbinat hidung, kelenjar ludah, bahkan saluran udara bagian atas, dan vertebra pertama. Dalam hal ini, ia merambah ke area yang berkaitan dengan spesialis telinga, hidung, dan tenggorokan (THT)[15].



Gambar 2.1 Dental X-Ray Intraoral

Komponen dari sumber x-ray intraoral gigi adalah filter radiografi pada *tubehead* (seperti pada sumber x-ray lainnya), *cone*, sistem suspensi, dan sirkuit kontrol atau pengatur waktu. *Cone* memiliki fungsi yang sama dengan yang dilakukan oleh kolimator dalam sistem x-ray medis yang lebih besar, standar dan peraturan saat ini menetapkan jarak minimum sumber kulit (SSD) menjadi 200 mm dan diameter maksimum bidang sinar X pada jarak tersebut menjadi 60 mm (70 mm di Amerika Serikat). Kepala tabung gigi (yang beratnya biasanya sekitar 5 kg) digantung pada lengan yang diartikulasikan, jenis pantograf, yang dipasang secara kaku ke dinding (atau ke struktur stabil lainnya). Operasi x-ray intraoral gigi dikendalikan melalui subsistem kontrol yang mencakup konverter daya atau komponen dan sirkuit terkait daya listrik lainnya dan fitur yang paling menonjol adalah pengatur waktu. Dengan pengatur waktu, operator menyetel waktu penyinaran yang sesuai untuk pemeriksaan spesifik (gigi, dan ukuran serta usia pasien umum) dan untuk sensitivitas detektor yang digunakan. Rentang yang tersedia terbentang dari minimum sekitar 0,02 detik (20 ms) hingga beberapa detik meskipun dengan detektor digital modern atau dengan film yang cukup cepat sedang dikembangkan dengan baik dalam kimia segar yang memadai, tidak perlu melebihi beberapa persepuluh dari satu detik (beberapa ratus milidetik) untuk radiografi gigi[14].

### **II.3 Dental Radiografi**

Dental radiografi merupakan upaya pemeriksaan gigi untuk melihat kondisi yang tidak dapat dilihat secara langsung oleh dokter gigi pada bagian gigi maupun rongga mulut. Upaya ini dapat membantu dokter gigi dalam penegakkan diagnosis penyakit gigi baik berupa karies gigi, periodontal serta penyakit patologis rongga mulut lainnya.[1]

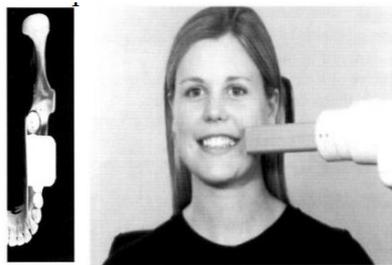
#### **II.3.1 Radiografi *Intraoral***

Radiografi *intraoral* merupakan teknik pemeriksaan gigi dan jaringan yang berada di dalam mulut dengan peletakkan film radiografinya didalam mulut[14]. Tipe radiografi *intraoral*, yaitu[16]:

### II.3.1.1 Radiografi *Bitewing*

Radiografi *bitewing* salah satu tipe radiografi dental *intraoral* yang biasa juga disebut dengan radiografi interproksimal. Radiografi *bitewing* ini merupakan tipe pemeriksaan untuk mendeteksi dini karies gigi, serta deteksi karies gigi sekunder di bawah rotasi dan juga digunakan untuk evaluasi tulang periodontal pada rongga mulut dan gigi[16].

Radiografi *bitewing* pada teknik pemeriksaannya film berada di dalam mulut dan ditempatkan sejajar dengan permukaan mahkota gigi maksila dan mandibula. Pada teknik tersebut sinar X akan diarahkan dengan kemiringan sekitar  $\pm 10^\circ$  untuk menghindari tumpang tindih cusp atas maupun bawah. Film biasanya diposisikan horizontal maupun vertikal tergantung pada jenis pemeriksaan gigi yang akan dilakukan. Posisi film vertikal biasanya dilakukan pada pemeriksaan gigi pasien yang memiliki kehilangan tulang alveolar yang luas [16,1].



Gambar 2.1 Posisi *bitewing* tab dan headtube x-ray pada radiografi *bitewing*[1]

Keuntungan dari radiografi *bitewing* adalah membuat diagnosis lebih cepat untuk mendeteksi karies gigi dini, hasil citra dapat menunjukkan puncak dari tulang alveolar dengan lebih cepat, hasil citra pada 1 film dapat digunakan untuk pemeriksaan gigi-gigi pada rang atas maupun rahang bawah sekaligus. *Bitewing* radiografi digunakan untuk melihat garis dari CEJ (*cementoenamel junction*) pada satu gigi ke CEJ gigi tetangganya dalam satu film yang sama, sama halnya dengan jarak dari puncak ke tulang interproksimal yang ada hingga teknik ini lebih meringankan pasien dengan reflek muntah yang tinggi[1,2].

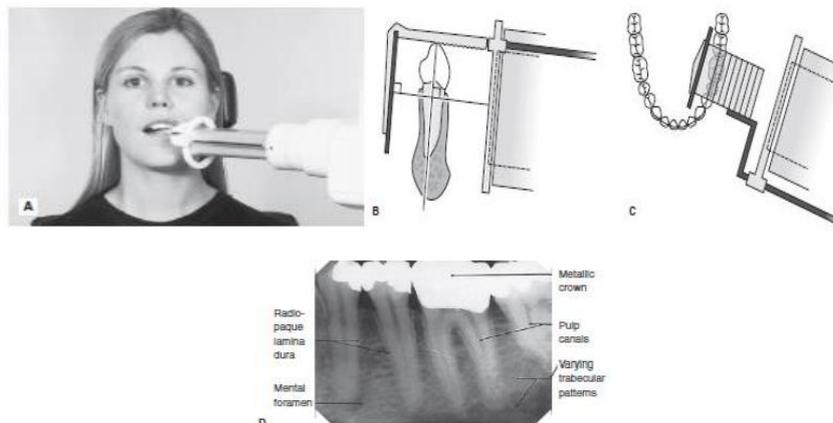
Kekurangan pada radiografi *bitewing* adalah hasil citra tidak dapat melihat regio periapikal dan ujung akar, hasil citra dari radiografi *bitewing* untuk pemeriksaan periodontal hanya dapat melihat bagian mahkota akar gigi yang

tebatas pada *regio molar* dan *premolar* serta karena teknik ini membuat pasien sulit mengoklusikan kedua rahang yang mengakibatkan puncak tulang *alveolar* tidak dapat terlihat pada pemeriksaan ini[1,2].

### II.3.2 Radiografi Periapikal

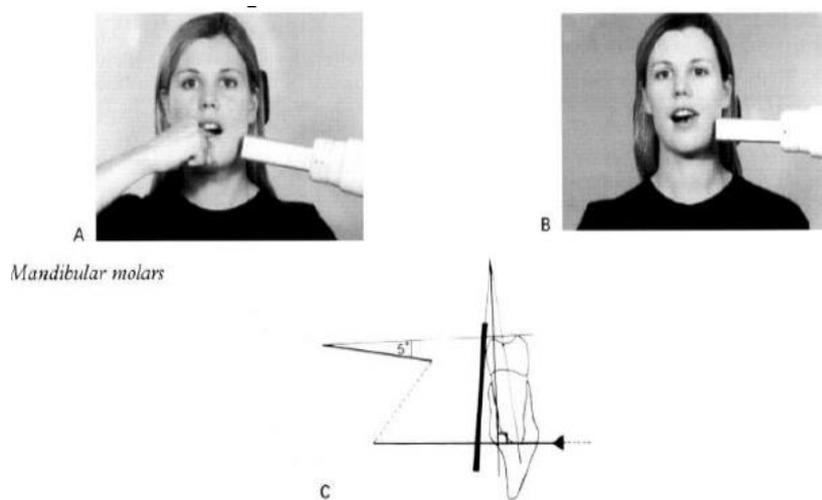
Radiografi periapikal merupakan salah satu jenis radiografi intraoral yang bertujuan melihat keseluruhan mahkota dan akar gigi (*crown* dan *root*), tulang alveolar dan jaringan sekitarnya. Pada jenis pemeriksaan ini dapat mendeteksi beberapa permasalahan gigi baik berupa infeksi atau inflamasi periapikal hingga mengevaluasi kista radikular secara akurat dan lesi lainnya pada tulang alveolar serta evaluasi pasca pemasangan implat[1].

Teknik pada radiografi periapikal, yaitu *paralleling* dan *bisecting*. Pemeriksaan radiografi periapikal merupakan teknik pemeriksaan radiografi yang paling rutin dikerjakan di kedokteran gigi karena teknik dianggap lebih mudah dan praktis dalam pelaksanaannya dibandingkan dengan teknik kesejajaran. Pada teknik ini penempatan film adalah sedekat mungkin dengan gigi, sumbu panjang gigi membentuk sudut terhadap film. Arah sinar adalah tegak lurus pada bidang bagian yang dibentuk oleh sumbu panjang gigi dan sumbu film yaitu arah sudut mulai dari  $5^{\circ}$  hingga pada sudut penyinaran  $90^{\circ}$  yang bergantung pada jenis gigi yang akan dilakukan pemeriksaan[14].



Gambar 2.3 Teknik paralel pengambilan radiograf periapikal[1]

Keuntungan dari teknik paralel adalah tanpa distorsi, gambar yang dihasilkan sangat representatif dengan gigi sesungguhnya, mempunyai validitas yang tinggi, posisi relatif dari reseptor gambar sehingga berguna untuk beberapa pasien dengan cacat. Kerugian dari teknik paralel adalah sulit dalam meletakkan film holder, terutama pada anak-anak dan pasien yang mempunyai mulut kecil, pemakaian film holder mengenai jaringan sekitarnya sehingga timbul rasa tidak nyaman pada pasien, dan memposisikan film holder pada molar tiga bawah sangat sulit[1].



Gambar 2.4 Teknik bisekting pengambilan radiografi periapikal[1]

Keuntungan dari teknik bisekting adalah dapat digunakan tanpa film holder dan posisi yang cukup nyaman bagi pasien saat melakukan pemeriksaan. Kerugian dari teknik bisekting adalah distorsi mudah terjadi dan masalah angulasi (banyak angulasi yang harus diperhatikan)[1]

#### II.4 Dosis Radiasi

Dosis radiasi merupakan jumlah radiasi yang tersampaikan pada makhluk hidup yang berada di medan radiasi yang kemudian diserap atau diterima oleh materi yang dilaluinya. Nilai dosis batas ambang merupakan nilai batas dosis terbesar yang dapat diterima oleh pekerja radiasi, pasien dan masyarakat dalam jangka waktu tertentu serta tidak menimbulkan efek yang berbahaya seperti efek genetik maupun somatik dari pemanfaatan tenaga nuklir yang telah diatur dan diizinkan oleh BAPETEN[10].

**Tabel 2.1** Tingkat panduan Dosis radiografi diagnostik untuk setiap pasien dewasa tertentu [10]

No	Jenis Pemeriksaan	Posisi Pemeriksaan	Dosis Permukaan Masuk per Radiografi (mGy)
1	Lumbal ( <i>Lumbal Spine</i> )	AP	10
		LAT	30
		LSJ	40
2	<i>Abdomen, Intravenous Urography, dan Cholecystography</i>	AP	10
3	<i>Pelvis</i>	AP	10
4	Sendi Panggul ( <i>Hip Joint</i> )	AP	10
5	Paru ( <i>Chest</i> )	PA	0,4
		LAT	1,5
6	Torakal ( <i>Thoracic Spine</i> )	AP	7
		LAT	20
7	Gigi ( <i>Dental</i> )	Periapikal	7
		AP	5
8	Kepala ( <i>Skull</i> )	PA	5
		LAT	3

Kuantitas dosis radiasi khusus dikembangkan untuk tujuan proteksi radiasi. Besaran dasar pada proteksi radiasi telah direkomendasikan oleh *International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU)* dan *International Commission on Radiological Protection (ICRP)*, dan diadopsi dalam publikasi IAEA adalah dosis serap (D) satuan *Gray (Gy)*, *kerma (K)* satuan *Gray (Gy)*, dosis ekuivalen dalam suatu organ atau jaringan dengan satuan *sievert (Sv)* dan dosis efektif dengan satuan *sievert (Sv)*[17].

Dalam penggunaan radiasi untuk pemeriksaan gigi jenis film, alat sinar X baik berupa digital atau konvensional, penggunaan *intensifying screen*, jarak penyinaran, kolimator dan pemakaian apron menjadi hal utama yang harus diperhatikan[18]. Perkiraan dosis pasien pada pemeriksaan intraoral dapat diidentifikasi menggunakan ESD dari data keluaran radiasi (*radiation output*) dan dapat juga dengan TLD.

Dosis maksimum yang diberikan atau yang dapat terkena masyarakat umum berbeda dengan dosis yang dapat diterima pekerja radiasi. Dosis maksimum yang dapat dikenakan sebagai pedoman proteksi radiasi, yaitu MPD (*Maximum Permissible Dose*). Namun, bagi masyarakat digunakan *dose limit* (batas dosis) untuk standar dosis yang dapat terpapar sebagai panduan proteksi radiasi. Nilai batas untuk masyarakat yaitu 1/10 dari pada MPD pekerja radiasi[13].

**Tabel 2.2** Dosis efektif pada pemeriksaan gigi rutin [19]

Jenis foto	Dosis efektif (mSv)
Skull /Kepala/Posteroanterior	0,03
Leteral	0,01
Bitewing/Periapikal	0,001-0,008
Oklusal	0,008
Panoramik	0,004-0,003
Lateral sefalometri	0,002-0,003
CT mandibula	0,36-1,2
CT maksila	0,1-3,3

#### II.4.1 Dosis Serap

Dosis serap merupakan jumlah energi radiasi pengion yang diserap oleh bahan persatuan massa bahan atau materi yang dilalui radiasi. Dosis serap juga didefinisikan sebagai energi rata-rata dari radiasi pengion sebesar dE kepada materi yang dilewati dengan massa dm. Satuan dosis serap sebelumnya digunakan adalah rad (*radiation absorbed dose*). Kemudian satuan tersebut menjadi Gray (Gy) dalam satuan internasional (SI), di mana[14]:

$$1 \text{ Gray} = 1 \text{ J/kg}$$

$$1 \text{ rad} = 100 \text{ erg/gr}$$

$$1 \text{ gray (Gy)} = 100 \text{ rad}$$

Secara matematis dosis serap (D) dituliskan dengan:

$$D = \frac{dE}{dm} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dengan  $dE$  yang merupakan energi yang diserap materi dengan massa  $dm$ [14].

#### II.4.2 Dosis Ekuivalen

Dosis ekuivalen merupakan jumlah dosis yang digunakan dalam proteksi radiasi yang menyatakan tingkatan jaringan tubuh yang rusak akibat terserapnya energi radiasi tanpa memperhatikan faktor yang menjadi penyebab timbulnya efek dari radiasi tersebut yang berupa jenis radiasi pemeriksaan dan dosis yang dihasilkan[21]. Dosis ekuivalen didefinisikan sebagai jumlah besaran dosimetri yang berhubungan langsung dengan efek biologi dari paparan radiasi pengion. Hal yang menjadi hal penting dalam perhitungan nilai dosis ekuivalen yaitu kualitas radiasi yang mencakup jenis dan energi dari radiasi dan mengenai jaringan [19].

Komisi internasional untuk proteksi radiasi atau *International Commission on Radiological Protection* (ICRP) melalui publikasi ICRP Nomor 60 tahun 1990 memperkenalkan faktor bobot radiasi  $w_R$ , dengan istilah faktor kualitas sebelumnya yaitu  $Q$  (*Quality Factor*)[14]. Dosis ekuivalen semula berasal dari pengertian *Rontgen equivalent of man* atau disingkat dengan *Rem* yang kemudian menjadi nama satuan untuk dosis ekuivalen. Dosis ekuivalen (*Rem*) sama dengan Dosis serap (Rad) yang dalam satuan SI adalah *Sievert* yang disingkat dengan Sv, dimana[19]:

$$1 \text{ Sv} = 100 \text{ Rem}$$

Nilai *quality factor* ( $Q$ ) ditentukan oleh kemampuan dari jenis radiasi dalam mengionisasikan jaringan yang berada di tubuh makhluk hidup. Dengan nilai  $Q$  jenis radiasi lainnya, yaitu[19]:

**Tabel 2.3** Nilai  $Q$  untuk jenis radiasi

Jenis Radiasi	Nilai $Q$
Gamma, Beta dan Sinar X	1
<i>Neutron thermal</i>	2,3
Neutron cepat dan proton	10
Alpha	20

Dosis ekuivalen yang diterima dari radiasi kepada organ-organ, ditentukan dengan persamaan:

$$H_{T,R} = w_R \cdot D_{T,R} \dots\dots\dots (2.2)$$

Adapun untuk menghitung total dari dosis ekivalen pada jaringan atau organ yang terpapar radiasi adalah dengan persamaan:

$$H_T = \Sigma w_R \cdot D_{T,R} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dengan  $D_{T,R}$  merupakan dosis rata-rata untuk jaringan atau daerah organ yang menerima radiasi, T sebagai jaringan atau organ, R sebagai yang menerima radiasi dan  $w_R$  sebagai faktor bobotnya. Adapun nilai  $w_R$  berdasarkan jenis dan energi radiasi, yaitu[14]:

**Tabel 2.4** faktor bobot radiasi untuk beberapa jenis dan energi radiasi

Jenis dan rentang energi radiasi	$w_R$
Foton semua energi	1
Elektron dan muon, semua energi	2
Neutron dengan energi ( $E_n$ ):	
$E_n \leq 10 \text{ keV}$	5
$10 \text{ keV} < E_n \leq 100 \text{ keV}$	10
$100 \text{ keV} < E_n \leq 2 \text{ MeV}$	20
$2 \text{ MeV} < E_n \leq 20 \text{ MeV}$	10
$E_n > 20 \text{ MeV}$	5
Proton selain proton terpental (recoil), energi $> 2 \text{ MeV}$	5
Partikel $-\alpha$ , hasil belah, inti berat	20

### II.4.3 Dosis Efektif

Dosis efektif merupakan jumlah dosis yang dihitung dengan melihat tingkat sensitifitas organ atau jaringan terhadap efek yang ditimbulkan akibat dari sumber radiasi pengion. Dosis efektif dapat juga didefinisikan sebagai hasil dari perkalian dosis ekivalen dengan faktor bobot organ atau jaringan. Untuk faktor bobot organ atau jaringan yang diukur (T) disebut juga sebagai faktor bobo target ( $w_T$ ), dengan jumlah faktor bobot untuk seluruh tubuh adalah satu. Adapun satuan dari dosis efektif yaitu rem atau sievert (Sv) [10].

Secara sistematis dosis efektif € dapat dirumuskan sebagai:

$$E_r = \Sigma(W_T \times H) \dots\dots\dots (2.4)$$

Atau

$$E_r = \Sigma(W_T \times W_r \times H) \dots\dots\dots (2.5)$$

**Tabel 2.5** faktor bobot jaringan untuk berbagai organ tubuh[14]

Jenis jaringan atau organ	$W_T$
Gonad	0,20
Sumsum merah tulang	0,12
Usus besar	0,12
Paru-paru	0,12
Lambung	0,12
Bladder	0,05
Payudara	0,05
Hati	0,05
Oesophagus	0,05
Thyroid	0,05
Kulit	0,01
Permukaan tulang	0,01
Organ atau jaringan lainnya	0,05

Adapun nilai batas dosis yang di perntukkan oleh masyarakat dan pakerja radiasi berbeda yang didasarkan oleh BAPETEN NO. 15 Tahun 2014. Pekerja radiasi dapat menerima dosis efektif sebesar 20 mSv per tahun dengan rata-rata selama 5 tahun berturut-turut dan dapat menerima dosis efektif sebesar 50 mSv dalam 1 tahun tertentu. Sedangkan untuk masyarakat dapat menerima dosis efektif sebesar 1 mSv dalam 1 tahun[22].

## II.5 Efek Radiasi Sinar X

### II.5.1 Efek Stokastik

Efek stokastik merupakan efek yang dapat timbul akibat dosis tinggi maupun dosis rendah yang dapat membuat kerusakan somatik maupun genetik (kanker atau efek keturunan), hal ini dapat meningkat setelah paparan atau penyinaran dalam waktu yang lama[24]. Radiasi rendah yang dimaksud merupakan radiasi dengan dosis mulai dari 0,25 sampai 1.000  $\mu\text{Sv}$ . Efek stokastik ini dapat muncul beberapa minggu setelah penyinaran dan dosis rendah maupun tinggi akan merusak sel somatik maupun sel genetik pada tubuh[14].

Efek stokastik dihasilkan dari perubahan subletal pada DNA sel individu. Konsekuensi paling penting dari kerusakan tersebut adalah karsinogenesis. Efek yang dapat diwariskan, meskipun kemungkinannya jauh lebih kecil, juga dapat terjadi. Efek-efek yang dapat timbul kemudian, yaitu karsinogenesis, leukemia, kanker tiroid, kanker kerongkongan, kanker otak dan sistem saraf, kanker kelenjar air liur, kanker organ lain[23].

Efek stokastik tidak memiliki kisaran dosis atau biasa disebut dengan dosis ambang untuk menentukan batasan paparan radiasi yang dapat menimbulkan bahaya. Pada efek stokastik terdapat kisaran dosis rendah yaitu  $\leq 100$  mSv yang diambil dari ICRP yang mengasumsikan bahwa terjadinya efek kanker maupun efek genetik secara langsung akan meningkat dengan peningkatan dosis yang diterima oleh pasien[25].

### **II.5.2 Efek Deterministik**

Efek deterministik merupakan efek dari radiasi yang timbul akibat penyinaran radiasi melebihi ambang batas dosis yang telah ditentukan. Ketika dosis yang terpapar pada tubuh tidak melewati dosis ambang, maka efek deterministik tidak ada efek klinis yang terjadi[26]. Efek deterministik ini dapat membuat beberapa dampak pada tubuh yaitu berupa kerusakan kulit, kerusakan sistem hematopoietik sumsum tulang dan lensa mata serta dapat juga membuat seseorang mengalami sindrom radiasi[27].

Efek deterministik dapat muncul dengan paparan dosis radiasi yang tinggi, adapun dosis-dosis tinggi tersebut, yaitu[14]:

1. Dosis radiasi sebesar 100.000 mSv atau 100 sV dapat mengakibatkan kerusakan sistem syaraf pusat yang dapat diikuti dengan kematian,
2. Dosis sebesar 10-50 Sv dapat mengakibatkan kerusakan saluran pencernaan,
3. Dosis sebesar 3-5 Sv dapat mengakibatkan kerusakan sumsum tulang (organ pembentuk sel-sel darah),
4. Dosis sebesar 0,1 Sv dapat menyebabkan sterilitas (kemandulan) sementara pada pria. Kemandulan pada wanita dan pria dapat terjadi ketika terpapar radiasi sebesar 3 Sv dan 2 Sv, hal ini dapat juga dapat menyebabkan sterilitas tersebut menjadi permanen,
5. Dosis sebesar 2-5 Sv dapat menyebabkan kerusakan pada lensa mata berupa katarak. Hal ini dikarenakan lensa mata memiliki radiosensitivitas lebih tinggi dibandingkan dengan retina mata.
6. Dosis sebesar 1-2 Sv untuk penyinaran seluruh tubuh dapat menyebabkan timbulnya gejala mual-mual yang membuat pasien muntah.