

T E S I S

**ANALISIS EFEK PAPARAN RADIASI PADA KULIT AKIBAT
RADIOTERAPI EKSTERNAL**

Disusun dan diajukan oleh

Mirfauddin

H032191003



PROGRAM STUDI MAGISTER FISIKA

DEPARTEMEN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2022

**ANALISIS EFEK PAPARAN RADIASI PADA KULIT AKIBAT
RADIOTERAPI EKSTERNAL**

TESIS

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

MIRFAUDDIN

H032191003

PROGRAM STUDI MAGISTER FISIKA

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

2022

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

**ANALISIS EFEK PAPARAN RADIASI PADA KULIT AKIBAT
RADIOTERAPI EKSTERNAL**

Disusun dan diajukan oleh

MIRFAUDDIN

H032191003

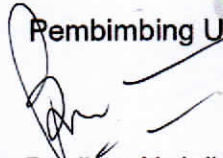
Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi program Magister Program Studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin Pada tanggal 15 Agustus 2022

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,


Prof. Dr. Bualkar Abdullah, M.Eng.SC.
NIP. 19550105 197802 1 001


Prof. Dr. Sfi Suryani, DEA
NIP. 19580508 198312 2 001



PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Mirfauddin
NIM : H032191003
Program Studi : Fisika
Jenjang : S2

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

ANALISIS EFEK PAPARAN RADIASI PADA KULIT AKIBAT RADIOTERAPI EKSTERNAL

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

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

Makassar, 15 Agustus 2022

Yang Menyatakan



Mirfauddin

Abstrak.

Telah dilakukan pengukuran dan perhitungan efek paparan radiasi pada kulit akibat radioterapi eksternal. Penelitian ini dilakukan di Rumah Sakit Pendidikan Universitas Hasanuddin bagian Radioterapi. Instrumen yang digunakan adalah radioterapi eksternal LINAC 6 MV merek Varian. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menganalisis dosis maksimum yang diterima permukaan kulit dan menganalisis laju dosis untuk meminimalisasi efek paparan radiasi pada kulit. Penelitian dilakukan dengan jumlah sampel yang digunakan adalah 100 orang yang terbagi menjadi 96 orang yang melakukan radioterapi kuratif dengan fraksinasi 2 Gy dan 4 orang melakukan radioterapi paliatif dengan fraksinasi 3 Gy dan 4 Gy. Semua sampel adalah pasien kanker yang meliputi kanker servik, payudara, nasofaring, prostat dan kandung kemih dengan stadium yang berbeda atau dari stadium 0 sampai dengan stadium IV. Dari perhitungan diperoleh dosis yang diterima permukaan kulit pada jenis kanker servik adalah 2,10 Gy dan 3,15 Gy atau 0,10 Gy dan 0,15 Gy yang lebih tinggi dari dosis per fraksinasi pada sel kanker, jenis kanker payudara adalah 2,18 Gy, dan 3,27 Gy, serta 4,36 Gy atau 0,18 Gy, dan 0,27 Gy serta 0,36 Gy yang lebih tinggi dari dosis fraksinasi pada sel kanker, jenis kanker nasofaring adalah 2,03 Gy dan 3,04 Gy atau 0,03 Gy dan 0,04 Gy yang lebih tinggi dari dosis fraksinasi pada sel kanker, jenis kanker prostat dan kandung kemih adalah 2,10 Gy atau 0,10 Gy yang lebih tinggi dari dosis fraksinasi pada sel kanker. Penggunaan radiasi dalam bidang terapi medis memiliki manfaat yang besar, terutama bagi pasien kanker. Selain dapat membunuh sel kanker, mencegah metastasis, juga dapat meredakan nyeri, gangguan fungsi organ lain akibat pembesaran sel melalui terapi paliatif. Namun, penggunaan radiasi dosis besar dalam waktu singkat dapat menyebabkan masalah lain seperti iritasi pada kulit yang terkena radiasi secara langsung, bisul, kulit sensitif, atau perubahan warna kulit.

Kata kunci : Radioterapi, Fraksinasi, Stadium, Dosis.

Abstract.

Measurements and calculations of the effects of radiation exposure on the skin due to external radiotherapy have been carried out. This research was conducted at the Hasanuddin University Teaching Hospital in the Radiotherapy section. The instrument used is the external radiotherapy LINAC 6 MV brand Varian. The purpose of this study is to analyze the maximum dose received on the surface of the skin and analyze the dose rate to minimize the effect of radiation exposure on the skin. The study was conducted with the number of samples used was 100 people divided into 96 people who did curative radiotherapy with a fractionation of 2 Gy and 4 people did palliative radiotherapy with fractions of 3 Gy and 4 Gy. All samples were cancer patients which included cervical, breast, nasopharyngeal, prostate and bladder cancers of different stages or from stage 0 to stage IV. From the calculation obtained the dose received on the surface of the skin in the type of cervical cancer is 2.10 Gy and 3.15 Gy or 0.10 Gy and 0.15 Gy which is higher than the dose per fraction in cancer cells, the type of breast cancer is 2.18 Gy, and 3.27 Gy, as well as 4.36 Gy or 0.18 Gy, and 0.27 Gy and 0.36 Gy which is higher than the fractional dose in cancer cells, the nasopharyngeal cancer type is 2.03 Gy and 3.04 Gy or 0.03 Gy and 0.04 Gy which is higher than the fractional dose in cancer cells, the prostate and bladder cancer type is 2.10 Gy or 0.10 Gy which is higher than the fractionation dose in cancer cells. The use of radiation in the field of medical therapy has great benefits, especially for cancer patients. Besides being able to kill cancer cells, prevent metastasis, it can also relieve pain, impaired functioning of other organs due to cell enlargement through palliative therapy. However, the use of large doses of radiation in a short period of time can cause other problems such as irritation of the skin directly exposed to radiation, ulcers, sensitive skin, or discoloration of the skin.

Keywords : Radiotherapy, Fractionation, Stage, Dosing.

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah swt., atas limpahan Rahmat dan Karunia-Nya, pemberian ilmu dan Manfaat-Nya serta segala Pertolongan dan Pengawasan-Nya sehingga penulis dapat menyusun tesis yang berjudul “**Analisis Efek Paparan Radiasi Pada Kulit Akibat Radioterapi Eksternal**”. Tak lupa shalawat dikirimkan pada Baginda Nabi Muhammad SAW beserta para sahabat, yang membawa kita dari dunia yang buta akan pengetahuan hingga dunia yang sudah mulai berkembang dengan pengetahuan seperti saat ini, semoga syafaat dikaruniakan kepada kita semua. Aamiin

Penulis menyadari bahwa sejak penyusunan proposal sampai tesis ini rampung, banyak hambatan, rintangan dan halangan. Namun, berkat bantuan, motivasi dan doa dari berbagai pihak, semua ini dapat teratasi dengan baik. Penulis juga menyadari bahwa tesis ini jauh dari kesempurnaan sehingga penulis mengharap kritik dan saran dari pembaca demi kesempurnaan tesis ini. Penulis berharap dengan selesainya tesis ini, bukanlah akhir dari sebuah karya, melainkan dari semuanya, awal dari sebuah perjuangan hidup. Penghargaan dan ucapan terima kasih setinggi-tingginya tak lupa penulis haturkan kepada

1. Kedua orang tua tercinta yaitu **ayahanda H. Musthan (Alm)** dan **ibunda Rajakebo**, Mertua saya **Muh. Yahya B.A (Alm)**, dan **ibu Rajalia** atas segala do'a dan dukungan yang tiada henti diberikan kepada penulis, serta kepada saudara kakak kandung yang senantiasa selalu menjadi pendukung dalam penyelesaian tesis ini. Sesungguhnya tiada kata yang mampu penulis definisikan untuk mengungkapkan rasa terima kasih atas segala pengorbanan dan pengertian diberikan selama penulis menempuh pendidikan.
2. Keluarga tercinta saya **Risma Fauziah, A.Md**, terima kasih selalu ada untuk memberikan dukungan selama menjalani perkuliahan hingga sekarang saya bisa menyelesaikan studi dengan baik, untuk anak-anak saya tercinta **Fathimah Kaysa Queenaya, Ghandur Ahmad Fathin, Tamimah Khansa' Tsabitah, Syaddad Ahmad Hilarabi dan**

Laiqannisa Adara Aisyah, terima kasih juga telah menjadi penyemangat untuk saya menyelesaikan studi meski ada banyak kendala dan halangan

3. Bapak **Prof. Dr. Bualkar Abdullah, M.Eng.Sc.** selaku pembimbing utama. Terima kasih telah banyak meluangkan waktunya untuk membimbing, mendukung, dan memberi saran-saran kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan penelitian.
4. Ibu **Prof. Dr. Sri Suryani, DEA.** Selaku Penasehat Akademik dan juga sebagai pembimbing. Terima kasih telah banyak meluangkan waktunya hampir setiap hari untuk memberikan arahan, bimbingan, ilmu, saran dan juga dukungan secara menyeluruh selama saya menempuh pendidikan pada program studi Magister Fisika.
5. Ibu **Dr. Ir. Bidayatul Armynah, M.T.**, bapak **Prof. Dr. Dahlang Tahir, M.Si.** dan ibu **Dr. Nurlaela Rauf, M.Sc.**, sebagai penguji tesis yang telah banyak memberikan masukan dan saran yang membangun untuk kesempurnaan tesis ini.
6. Seluruh **Bapak dan Ibu Dosen Departemen Fisika** Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam yang telah ikhlas, bersabar memberikan dan membagi ilmunya kepada penulis.
7. Seluruh **Pegawai dan Jajaran Staf Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam** atas bantuannya yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan urusan-urusan pada bagian akademik.
8. Teruntuk kepada Ibu **dr. Fatmasari Sp.Onk.Rad.**, dan Bapak **Satrial Male S.Si. M.Si. FM.**, yang telah membantu saya dalam menyelesaikan studi program magister fisika.
9. Terkhusus untuk **Inayatul Mutmainna, S.Si. M.Si.** dan **Roni Rahmat, S.Si.**, sebagai anggota di Laboratorium Material. Terima kasih banyak atas bantuan, arahan, ilmu, keceriaan dan solusi yang selalu diberikan kepada penulis dari awal penelitian hingga penulisan tesis.
10. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah memberikan semangat, motivasi dan saran sehingga tesis ini dapat

terselesaikan dengan baik. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan tesis ini masih banyak terdapat kekurangan dan jauh dari kata sempurna yang disebabkan oleh keterbatasan pengetahuan yang dimiliki penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan tanggapan baik saran ataupun kritik yang sifatnya membantu dan membangun dalam penyempurnaan tesis ini. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih banyak kepada semua pihak yang telah membantu dan semoga Allah SWT melimpahkan karunia-Nya dalam setiap amal kebaikan dan diberikan balasan. Aamiin.

Makassar, 15 Agustus 2022

Mirfauddin

DAFTAR ISI

T E S I S	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PENGESAHAN TESIS	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN KEASLIAN	Error! Bookmark not defined.
Abstrak	iv
Abstract	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Rumusan Masalah	4
I.3 Tujuan Penelitian	4
I.4 Manfaat Penelitian	4
BAB II	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
II.1 Kanker	5
II.2 Stadium Kanker	6
II.3 Radioterapi	10
II.3.1 Radioterapi Kuratif	10
II.3.2 Radioterapi Paliatif	11
II.4 Parameter Radioterapi	11
II.4.1 Dosis Rendah dan Dosis Tinggi	12
II.4.2 Laju Dosis	12
II.4.3 Paparan	13
II.4.4 Dosis Serap (D)	14
II.4.5 Dosis Ekivalen (H)	14

II.4.6 Dosis ekivalen efektif (E)	15
II.5 Efek Paparan Radiasi	16
BAB III	20
METODE PENELITIAN.....	20
III.1 Jenis Penelitian	20
III.2 Lokasi dan Waktu Penelitian	20
III.3 Sampel Penelitian	20
III.4 Analisis Data Penelitian	21
III.5 Bagan Alur Penelitian	22
BAB IV	23
HASIL DAN PEMBAHASAN	23
BAB V.....	35
PENUTUP	35
V.1 Kesimpulan	35
V.2 Saran.....	35
DAFTAR PUSTAKA	35

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi Stadium Kanker Servik menurut FIGO	6
Tabel 2.2 Comparison of the TNM and Jawett-Stong-Marshall Staging System	7
Tabel 2.3 Pengelompokan Stadium Kanker Payudara	8
Tabel 2.4 Pengelompokan Stadium Kanker Nasofaring	9
Tabel 2.5 Pengelompokan Stadium Kanker Prostat	9
Tabel 2.6 Perubahan Kulit Akut Dengan Dosis Radiasi Lokal	19
Tabel 4.1 Karakteristik sampel	23
Tabel 4.2 Dosis yang digunakan dalam radioterapi	30

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Korelasi tingkat invasi tumor dengan sistem pementasan TNM dari Uni Internasional terhadap Kanker dan sistem pementasan Jewett Strong-Marshal	8
Gambar 2.2 Lapisan-lapisan dan apendiks kulit.....	17
Gambar 3.1 Pesawat LINAC RSU Pendidikan UNHAS	20
Gambar 3.2 Ilustrasi perhitungan dosis radiasi yang diterima oleh kulit (D_{max})	21
Gambar 3.3 Alur Penelitian.....	22
Gambar 4.1 Hubungan antara variabel jenis kanker dengan stadium kanker	24
Gambar 4.2 Hubungan antara variabel fraksinasi dosis dengan jenis kanker	27
Gambar 4.3 Kondisi kulit pasien setelah fraksinasi	32

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1	Data Pasien Berdasarkan Umur	41
LAMPIRAN 2	Data Pasien Berdasarkan Jenis Kanker Dan Stadium	46
LAMPIRAN 3	Data Pasien Berdasarkan Fraksinasi Dosis Dan Jenis Kanker	52
LAMPIRAN 4	Dosis Radiasi Yang Diserap Oleh Kulit Per Fraksinasi.....	58
LAMPIRAN 5	Peralatan Linac Accelator Dalam Kondisi Penyinaran Tanpa Pasien	59
LAMPIRAN 6	Peralatan Linac Accelator Dalam Kondisi Pengaturan Posisi Pasien	60
LAMPIRAN 7	Warna Kulit Pasien Waktu Pertama Kali Fraksinasi	61
LAMPIRAN 8	Warna Kulit Pasien Fraksinasi 10 Kali	62
LAMPIRAN 9	Posisi Tegak Lurus	63
LAMPIRAN 10	Proses Penyinaran Pasien.....	64
LAMPIRAN 11	Proses Monitoring Pada Saat Pemeriksaan Berlangsung.....	65

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Kanker merupakan penyakit yang berbahaya dan penyebab kematian tertinggi di Indonesia bahkan dunia [1]. Dalam beberapa tahun ini, angka kejadian kasus kanker meningkat tajam dan kasus kematian diperkirakan mencapai 10 juta di tahun 2020, dan diprediksi akan terus meningkat [2]. Hal ini menjadikan kanker sebagai salah satu isu penting dalam bidang kesehatan masyarakat di seluruh dunia. Beberapa metode pengobatan yang dapat digunakan ketika terdeteksi penyakit kanker adalah pembedahan, kemoterapi dan radioterapi.

Pembedahan merupakan terapi yang paling awal dikenal untuk pengobatan kanker [3]. Namun, tidak semua jenis kanker harus melalui operasi atau pembedahan, semua tergantung jenis kanker, tingkat stadium sampai lokasi kanker. Tindakan pembedahan atau operasi ini memang lazim dilakukan oleh dokter onkologi dalam rangka menghambat atau bahkan mengobati penyakit kanker tersebut. Sebenarnya tindakan pembedahan ini mempunyai tujuan yang bermacam - macam.

Tujuan pembedahan yang pertama untuk mendiagnosis (jinak/benigna atau ganas/maligna serta jenis sel kanker), yang biasa dikenal dengan cara biopsi yaitu mengangkat sejumlah jaringan untuk menghambat laju pertumbuhan kanker, ataupun mengangkat seluruh jaringan, sedangkan tujuan yang kedua adalah untuk pengobatan, yaitu mengangkat kanker yang menjadi penyebabnya. Dalam pembedahan kanker tujuan ketiga adalah guna penetapan tahapan (*surgical staging*). Di kanker ovarium, tahapan IA atau IB, tidak memerlukan pengobatan adjuvant setelah pembedahan, sedangkan tahapan IC atau lebih diperlukan pengobatan tersebut yaitu kemoterapi gabungan. Contoh lain jenis kanker limfoma atau kelenjar getah bening tidak akan sembuh jika melalui proses pembedahan atau operasi, sehingga memerlukan pengobatan lain yaitu kemoterapi

atau radioterapi secara teratur. Kemoterapi bertujuan untuk menghilangkan seluruh sel kanker di dalam tubuh, khususnya di dalam rongga perut [4].

Kemoterapi adalah cara mengobati kanker dengan menggunakan bahan kimia yang dimasukkan ke dalam aliran darah, baik secara oral maupun intravena. Bahan kimia ini akan beredar ke seluruh tubuh untuk menghancurkan sel kanker metastatik. Penggunaan bahan kimia dalam kemoterapi dapat mengganggu metabolisme dan fungsi organ tubuh, seperti mual, tidak nafsu makan, demam, diare, dan lain-lainnya [5].

Metode pengobatan selanjutnya adalah radioterapi. Radioterapi menggunakan radiasi ionik, yang langsung ditembak pada sel kanker. Metode ini tidak memerlukan pembedahan dan dilakukan dalam waktu singkat. Akibatnya radioterapi merupakan pilihan jika lokasi dan ukuran sel kanker diketahui.

Radioterapi dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu radioterapi kuratif, yang bertujuan untuk membunuh sel kanker, dan radioterapi paliatif, yang digunakan untuk mengatasi ketidaknyamanan pasien, seperti kesulitan bernapas karena sel kanker telah menekan paru-paru, kesulitan buang air kecil karena kanker, sel-sel yang menekan saluran kemih [6]. Tujuan kedua jenis terapi tersebut berbeda, oleh sebab itu dosis radiasi yang digunakan juga berbeda. Radioterapi kuratif menggunakan dosis total yang lebih tinggi dan diberikan selama beberapa minggu. Sebaliknya, radioterapi paliatif menggunakan dosis total yang lebih kecil dengan waktu yang lebih singkat.

Beberapa jenis kanker dapat ditemukan di tubuh bagian dalam, seperti kanker servik, payudara, prostat, nasofaring, kandung kemih dan lain-lain sebagainya. Radioterapi yang digunakan untuk jenis kanker ini adalah radioterapi internal (*brachiterapy*) dan radioterapi eksternal. Radioterapi internal menggunakan sumber radiasi dalam bentuk bahan radioaktif yang diletakkan di dekat atau di dalam sel kanker untuk beberapa waktu. Cara ini memerlukan pembedahan ringan sehingga tidak banyak dipilih. Radioterapi eksternal merupakan metode yang banyak diminati karena prosedur lebih sederhana, tidak memerlukan pembedahan dan pasien tidak memerlukan rawat inap.

Menurut penelitian Sandra demaria (2020), bahwa jaringan yang terpapar oleh radiasi ionik pada radioterapi eksternal adalah kulit. Kulit adalah pelindung terluar tubuh dari panas dan mengatur panas tubuh, benturan, dan bahan kimia. Kulit juga mempunyai sifat radiosensitif, khususnya pada jaringan keratinosit pada lapisan kulit terluar. Keratinosit merupakan sel yang radiosensitive karena sel ini mempunyai umur yang singkat dan sel ini cepat mengalami kerusakan serta melakukan perbaikan sel (*proliferasi*). Akibatnya paparan dosis total radiasi yang besar (> 30 Gy) akan menyebabkan kematian sel, sehingga dilakukan fraksinasi dengan tujuan meminimalisasi efek samping paparan radiasi pada kulit. Walaupun demikian dosis per fraksinasi masih tergolong tinggi yaitu antara 2 – 8 Gy dengan jeda waktu pemberian yang singkat atau per hari. Pemberian secara fraksinasi diharapkan rasio radioterapi yang optimal dapat dicapai, sehingga prinsip dalam radioterapi untuk mematikan sebanyak mungkin sel tumor/kanker dapat dicapai dengan tetap melindungi semaksimal mungkin jaringan sehat disekitarnya [7].

Menurut penelitian Jin song wang *et al.* (2018), fokus pada hubungan antara radiasi dan keadaan biologi kanker. Tujuannya untuk menjelaskan efek radiasi pada struktur biologi dan tingkah laku sel kanker, sehingga dapat menolong dokter untuk menggunakan radioterapi secara efektif yaitu maksimal merusak sel kanker tetapi jaringan sehat mendapat efek minimal. Radiasi dapat merusak DNA, organel, dan membran sel atau merubah kekebalan dan lingkungan kecil sel kanker supaya sel kanker melakukan apoptosis, proliferasi, diferensiasi, migrasi dan fungsi biologi. Dan juga dapat mencegah imun tubuh merespon yang menginisiasi perkembangan sel kanker. Jadi di masa depan, ada dua factor utama pada *treatment* kanker yaitu radiasi dan imunoterapi. Untuk mendapatkan hasil maksimal, digunakan radioterapi dosis rendah untuk merusak struktur biologi sel kanker, dan imunoterapi (kemoterapi) untuk mencegah imun tubuh menginisiasi pertumbuhan sel kanker. [8]. Hingga saat ini penelitian umumnya fokus pada penurunan pertumbuhan sel kanker atau mematikan sel kanker, sehingga efek samping paparan radiasi yang terjadi pada kulit (khususnya pada kanker organ dalam) tidak mendapatkan perhatian.

Berdasarkan latar belakang tersebut diatas maka penelitian ini akan dilakukan analisis efek paparan radiasi pada kulit akibat radioterapi eksternal. Analisis mencakup pemilihan laju dosis pada terapi paliatif dan kuratif untuk kasus kanker servik, payudara, nasofaring, prostat dan kandung kemih.

I.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana analisis dosis maksimum yang diterima permukaan kulit?
2. Bagaimana pemilihan laju dosis untuk meminimalisasi efek paparan radiasi pada kulit?

I.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk menganalisis dosis maksimum yang diterima permukaan kulit
2. Untuk menganalisis laju dosis untuk meminimalisasi efek paparan radiasi pada kulit

I.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan mampu untuk memberikan informasi mengenai efek samping radioterapi eksternal pada kulit yang dapat dialami oleh pasien kanker.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Kanker

Tumor (dalam bahasa latin artinya "pembengkakan") merupakan sekelompok sel abnormal yang terbentuk hasil proses pembelahan sel yang berlebihan dan tidak terkoordinasi. Dalam bahasa medisnya, tumor dikenal sebagai neoplasia. "Neo" berarti "baru", "plasia" berarti "pertumbuhan" atau "pembelahan". Neoplasia mengacu pada pertumbuhan sel-sel di sekitarnya yang normal. Berdasarkan pengertian tumor diatas, tumor dibagi menjadi dua golongan besar, yaitu tumor jinak (*benign*) dan tumor ganas (*balignan*) atau kanker. Jenis–Jenis kanker diklasifikasikan sebagai berikut [9]:

- Limfoma. Limfoma adalah jenis kanker yang berasal dari jaringan yang membentuk darah, misalnya jaringan limfe, lacteal, limfa, timus dan sumsum tulang. Limfoma spesifik antara lain adalah penyakit *hodgkin* (kanker kelenjar limfe dan limfa).
- Leukimia. Kanker ini tidak berbentuk massa tumor, tetapi memenuhi pembuluh darah dan mengganggu fungsi sel darah normal.
- Sarkoma. Sarkoma adalah jenis kanker pada jaringan penunjang yang berada di permukaan tubuh, seperti jaringan ikat, termasuk sel-sel yang ditemukan di otot dan tulang. Sarcoma merupakan kanker sel mesodermal, sel yang membentuk otot-otot dan jaringan penghubung. Contoh adalah *lelomyosarcoma* (kanker otot halus yang ditemukan pada dinding organ pencernaan) dan *osteosarcoma* (kanker tulang).
- *Glioma*. *Glioma* merupakan kanker susunan saraf, misalnya sel-sel glia (jaringan penunjang) di susunan saraf pusat.
- Karsinoma. Karsinoma merupakan jenis kanker yang berasal dari sel yang melapisi permukaan tubuh atau permukaan saluran tubuh, misalnya jaringan seperti sel kulit, testis, ovarium, kelenjar mucus, sel melanin, payudara, leher rahim, kolon, rektum, lambung, pankreas dan esophagus. Contoh karsinoma adalah kanker kulit, kanker paru-paru, kanker usus, kanker payudara, kanker

prostat dan kanker kelenjar tiroid.

II.2 Stadium Kanker

Penentuan stadium dibutuhkan untuk menentukan perluasan penyakit secara anatomi. Sistem yang umum dipakai adalah TNM (*Tumor-NodeMetastasis staging system*). Untuk menentukan stadium kanker perlu dilakukan pemeriksaan seperti sistoskopi, pielografi intravena, komputer tomografi pelvis/abdomen, magnetic resonance imaging (dengan akurasi 85-94%), ultrasonografi, *scan* tulang, foto toraks, dan pemeriksaan laboratorium (darah lengkap, ureum, kreatinin, *kalsium*, dan alkali fosfatase). Stadium kanker ditentukan berdasarkan Sistem Klasifikasi TNM *American Joint Committee on Cancer* (AJCC) [10], dan perbandingan pada tabel 2.1 (stadium kanker servik), tabel 2.2 (stadium kanker prostat), tabel 2.3 (stadium kanker payudara), tabel 2.4 (stadium kanker nasofaring) dan tabel 2.5 (stadium kanker kandung kemih).

Tabel 2.1 Klasifikasi Stadium Kanker Servik menurut FIGO

0	Karsinoma in situ (karsinoma preinvasive)
I	Karsinoma serviks terbatas di uterus (ekstensi ke korpus uterus dapat diabaikan)
IA	Karsinoma invasif didiagnosis hanya dengan mikroskop. Semua lesi yang terlihat secara makroskopik, meskipun invasi hanya superfisial, dimasukkan ke dalam stadium IB
IA1	Invasi stroma tidak lebih dari 3,0 mm kedalamannya dan 7,0 mm atau kurang pada ukuran secara horizontal
IA2	Invasi stroma lebih dari 3,0 mm dan tidak lebih dari 5,0mm dengan penyebaran horizontal 7,0 mm atau kurang
IB	Lesi terlihat secara klinik dan terbatas di serviks atau secara mikroskopik lesi lebih besar dari IA2
IB1	Lesi terlihat secara klinik berukuran dengan diameter terbesar 4,0 cm atau kurang
IB2	Lesi terlihat secara klinik berukuran dengan diameter terbesar lebih dari 4,0 cm
II	Invasi tumor keluar dari uterus tetapi tidak sampai ke dinding panggul atau mencapai 1/3 bawah vagina

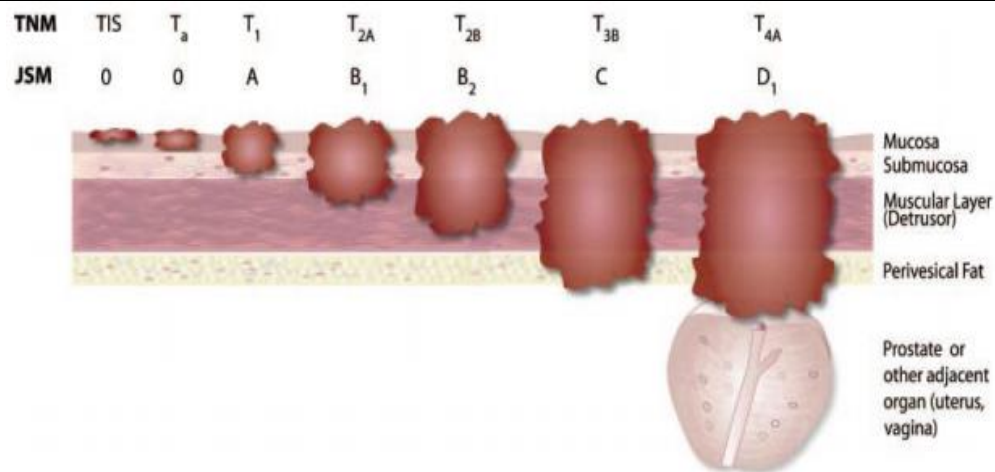
IIA	Tanpa invasi ke parametrium
IIA1	Lesi terlihat secara klinik berukuran dengan diameter terbesar 4,0 cm atau kurang
IIA2	Lesi terlihat secara klinik berukuran dengan diameter terbesar lebih dari 4,0 cm
IIB	Tumor dengan invasi ke parametrium
III	Tumor meluas ke dinding panggul/ atau mencapai 1/3 bawah vagina dan/atau menimbulkan hidronefrosis atau afungsi ginjal
IIIA	Tumor mengenai 1/3 bawah vagina tetapi tidak mencapai dinding panggul
IIIB	Tumor meluas sampai ke dinding panggul dan / atau menimbulkan hidronefrosis atau afungsi ginjal
IVA	Tumor menginvasi mukosa kandung kemih atau rektum dan/atau meluas keluar panggul kecil (<i>true pelvis</i>)
IVB	Metastasis jauh (termasuk penyebaran pada peritoneal, keterlibatan dari kelenjar getah bening supraklavikula, mediastinal, atau paraaorta, paru, hati, atau tulang)

Tabel 2.2 Perbandingan sistem staging TNM dan Jawett-Stong-Marshall [11]

TNM*Stadium	JSM+Stadium	Defenisi
TIS	0	Karsinoma in situ, terbatas pada mukosa
Ta		Tumor terbatas pada mukosa
T ₁	A	Filtrasi lamina propria
T ₂ A	B ₁	Perluasan ke lapisan otot superfisial
T ₂ B	B ₂	Perluasan ke lapisan otot dalam
T ₃ A	C	Filtrasi lemak perivesikal (mikroskopis)
T ₃ B		filtrasi lemak perivesikal (makroskopik)
T ₄ A	D ₁	Invasi ke prostat, uterus, atau vagina
T ₄ B		Invasi ke dinding panggul atau perut
N ₀		Metastasis kelenjar getah bening
N ₁		Metastasis ke mode limfa tunggal ≤ 2cm dalam dimensi terbesar
N ₂		Metastasis ke mode limfa tunggal ≤ 2 cm tetapi ≤ 5 cm dalam dimensi terbesar atau ke beberapa kelenjar getah bening
N ₃		Metastasis ke kelenjar getah bening > 5 cm dalam dimensi terbesar
M ₀		Tidak ada metastasis jauh
M ₁	D ₂	Metastasis jauh

*Menurut system pementasan TNM melawan kanker

+JSM = Jewn-Strong-Marshall.



Gambar 2.1. Korelasi tingkat invasi tumor dengan sistem pementasan TNM dari Uni Internasional terhadap Kanker dan sistem pementasan Jewett Strong-Marshall (JSM) [12]

Tabel 2.3 Pengelompokan Stadium Kanker Payudara [13]

Stadium	T	N	M
Stadium 0	Tis	N0	M0
Stadium IA	T1	N0	M0
Stadium IB	T0	N1mic	M0
	T1	N1mic	M0
Stadium IIA	T0	N1	M0
	T1	N1	M0
	T2	N0	M0
Stadium IIB	T2	N1	M0
	T3	N0	M0
Stadium IIIA	T0	N2	M0
	T1	N2	M0
	T2	N2	M0
	T3	N1-N2	M0
Stadium IIIB	T4	N1-N2	M0
Stadium IIIC	Semua T	N3	M0
Stadium IV	Semua T	Semua N	M1

Tabel 2.4 Pengelompokan Stadium Kanker Nasofaring [14]

		Tis	T1	T2	T3	T4
MO	NO	0	I	II	III	IVA
	N1		II	II	III	IVA
	N2		III	III	III	IVA
	N3		IVB	IVB	IVB	IVB
M1			IVC	IVC	IVC	IVC

Tabel 2.5 Pengelompokan Stadium Kanker Prostat [15]

Group I	T1a-T2a	N0	M0	PSA<10
Group IIA	T1a-c	N0	M0	PSA<20
	T1a-T2a	N0	M0	PSA≥10,<20
	T2a	N0	M0	PSA<20
	T2b	N0	M0	PSA<20
Group IIB	T2c	N0	M0	Semua PSA
	T1-2	N0	M0	PSA≥10
	T1-2	N0	M0	Semua PSA
Group III	T3a-b	N0	M0	Semua PSA
Group IV	T4	N0	M0	Semua PSA
	Any T	N1	M0	Semua PSA
	Any T	Any N	M1	Semua PSA

Beberapa faktor resiko penyebab utama kanker menurut Kementerian Kesehatan Republik Indonesia adalah sebagai berikut:

1. Jenis kelamin
2. Ras
3. Usia (30-50) tahun
4. Makanan
5. Infeksi Virus
6. Riwayat keluarga (Gen)
7. Rokok, dan
8. Minuman beralkohol.

II.3 Radioterapi

Radioterapi atau yang disebut terapi radiasi adalah pengobatan yang terutama ditujukan untuk penyakit keganasan dengan menggunakan sinar pengion. Prinsip dari radioterapi yaitu untuk memberikan dosis radiasi yang tepat dan terukur pada volume tumor yang ditentukan dan untuk menghindari atau mengurangi kerusakan jaringan sehat disekitarnya seminimal mungkin.

Secara garis besar teknik radioterapi digolongkan menjadi 2:

- a. Radiasi Eksternal (*Teletherapy*). Radiasi eksternal adalah terapi dengan menggunakan radiasi yang berasal dari sumber di luar tubuh. Antara sumber radiasi dan target terdapat jarak yaitu lebih kurang 90 cm. Metode ini digunakan sebelum dilakukan radioterapi internal.
- b. Radiasi Internal (*Brachytherapy*). Radiasi internal adalah pengobatan radiasi dengan mendekatkan sumber radiasi ke sel kanker. Penempatan sumber radiasi ini umumnya dalam waktu tertentu, bila dosis radiasi yang direncanakan telah tercapai maka sumber radiasi ini diangkat kembali [10].

Pada radioterapi eksternal digunakan radiasi yang dapat menembus jaringan yaitu sinar X, electron yang dipercepat ataupun proton yang dipercepat. Radiasi ini dapat menembus kulit dan masuk ke dalam tubuh. Akibat paparan radiasi ini dapat menimbulkan efek deterministik yang bergantung pada dosis. Untuk dosis tinggi (~100 Gy) akan menghasilkan 100% kemungkinan kematian dalam beberapa jam setelah paparan radiasi. Dosis iradiasi tubuh total di mana kematian akan terjadi pada 50% individu (LD50) adalah 3-4 Gy, seperti yang terjadi kasus bom hiroshima nagasaki. [16] Disisi lain, kematian sel diperlukan pada radioterapi sehingga dosis yang digunakan pada radioterapi adalah dosis tinggi (> 50 Gy). Akibatnya digunakan pemecahan dosis (fraksinasi) dengan tujuan untuk melindungi jaringan normal yang dapat terpapar radiasi ionik secara tidak langsung tetapi dapat memaksimalkan efek radiasi pada sel kanker.

Dalam pelaksanaannya radioterapi memiliki dua tujuan yaitu kuratif dan paliatif [17]

II.3.1 Radioterapi Kuratif

Terapi radiasi dengan tujuan pemusnahan kanker secara total dikenal

sebagai radioterapi kuratif. Radioterapi kuratif diberikan untuk tumor yang radiosensitif, yang tidak memungkinkan dilakukan pengangkatan sel kanker atau pasien menolak operasi.

Radioterapi dilakukan pada sel kanker yang letaknya sudah diketahui dan dimulai pada stadium II, yaitu sel kanker sudah membesar di organ asal dan sudah menyebar ke jaringan di sekitarnya, tetapi belum menyerang organ lain di dalam tubuh.

Keadaan sel kanker stadium II, misalkan pada kanker payudara, sel kanker mempunyai ukuran 2–5 cm dan kemungkinan sudah menyerang kelenjar getah bening. Contoh lainnya yaitu stadium II pada kanker paru-paru dikatakan bila sel kanker telah memasuki bronkus utama tetapi belum mencapai *carina*. Berikutnya stadium II pada kanker serviks yaitu sel kanker telah mempunyai ukuran kanker yang kurang lebih 4 cm dan penyebaran kanker hingga sekitar leher rahim, tetapi belum mencapai dinding panggul. Keadaan sel kanker yang telah di uraikan diatas tidak memungkinkan dilakukan pengangkatan melalui pembedahan.

II.3.2 Radioterapi Paliatif

Terapi radiasi paliatif adalah bentuk pengobatan pada pasien mulai stadium II hingga stadium lanjut. Saat itu sel kanker telah menimbulkan gejala hingga mengganggu kenyamanan pasien, misalkan nyeri, terjadinya penyumbatan, mengganggu proses urinasi dan pengeluaran feses, serta hal lain yang berakibat pada terjadinya pendarahan dalam jumlah banyak. Tujuan terapi paliatif adalah untuk menjaga kualitas hidup pasien di sisa hidupnya dengan menghilangkan keluhan dan gejala sehingga pasien dapat hidup dengan lebih nyaman.

II.4 Parameter Radioterapi

Radioterapi berbeda dengan radiodiagnostik, khususnya dalam dosis. Tujuan radioterapi seperti diketahui adalah mengurangi ukuran sel kanker atau membunuh sel kanker, sedangkan radiodiagnostik hanya merupakan perpanjangan mata untuk melihat kondisi organ. Oleh sebab itu dosis yang digunakan pada radioterapi lebih besar dari pada dosis yang digunakan pada radiodiagnostik, sehingga istilah dosis

rendah dan dosis tinggi pada keduanya akan sangat berbeda.

II.4.1 Dosis Rendah dan Dosis Tinggi

Dosis rendah yang digunakan pada radioterapi adalah 0,4 – 2 Gy/h [18]. Dosis ini ditujukan pada radioterapi eksternal dengan sumber elektron dan proton. Tujuan dari pemberian ini adalah untuk meminimalkan kerusakan pada jaringan sehat sekitar kanker. Biasanya diberikan pada terapi kuratif dengan pertimbangan kondisi pasien dalam keadaan baik.

Dosis tinggi yang digunakan pada radioterapi adalah > 2 Gy/h [18] yang umumnya dilakukan pada terapi paliatif. Tujuan dari pemberian dosis tinggi adalah untuk mengecilkan sel kanker secara cepat agar tidak mengganggu organ lain atau sekitarnya.

II.4.2 Laju Dosis

Laju dosis digunakan dalam perhitungan dosis dalam radioterapi karena mempertimbangkan jumlah foton yang interaksi dengan sel kanker ataupun sel jaringan sekitarnya. Sel pada setiap jaringan mempunyai perbedaan waktu siklus kehidupan. Sel yang berada dekat permukaan mempunyai waktu siklus yang lebih pendek dibandingkan dengan sel yang berada dibagian dalam atau organ. Misalkan sel kulit mempunyai waktu siklus dalam hitungan jam sedangkan sel pada organ ginjal mempunyai waktu siklus dalam hitungan bulan. Oleh sebab itu jumlah foton radiasi yang mengenai sel kulit akan lebih besar dibandingkan dengan jumlah foton radiasi yang mengenai sel organ ginjal. Akibatnya efek paparan radiasi pada sel kulit akan lebih besar. [19]

Dosis (D_{max}) pada kulit dihitung menggunakan persamaan (2.1)[20]

$$\frac{\text{Dosis pada titik A}}{\text{PDD pada titik A}} = \frac{\text{Dosis pada } D_{max}}{\text{PDD pada titik } D_{max}} \quad (2.1)$$

dengan PDD adalah Persentase Kedalaman Dosis [20]

Dari rumus persamaan (1) akan diperoleh D_{max} (Dosis permukaan kulit) dengan satuan Gray, apabila hasil perhitungan tersebut dikonversikan ke energi yang di serap kulit dalam satuan Mev/kg maka digunakan:

$$\begin{aligned}
 1 \text{ Gy} &= 1 \text{ Sv} \\
 &= 0,001 \text{ Joule/gram} \\
 &= 10^{-3} \text{ Joule/gram} \\
 1 \text{ Joule} &= 6,24 \times 10^{18} \text{ ev} \\
 10^{-3} \text{ Joule} &= 6,24 \times 10^{15} \text{ ev} \\
 1 \text{ Mev} &= 10^6 \text{ ev} \\
 1 \text{ Gy} &= 6,24 \times 10^9 \text{ Mev/gram} \\
 &= 6,24 \times 10^{12} \text{ Mev/kg}
 \end{aligned}$$

Secara teoritis energi yang menghasilkan satu ion adalah 32 ev. Maka satu ion diperoleh 32×10^{-6} Mev. Hasil dari rumus persamaan (1) akan diperoleh dalam satuan Gray dapat dikonversikan ke energi yang diserap kulit dalam satuan Mev/kg dan dihasilkan energi dalam satuan ion/kg.

II.4.3 Paparan

Paparan adalah kemampuan radiasi sinar X atau gamma untuk menimbulkan ionisasi di udara pada volume tertentu. Satuan paparan adalah coulomb/kilogram (C/kg).

$$1R = 2,58 \times 10^{-4} \text{ C/kg}$$

Satuan paparan:

- SI = coulomb/kilogram (C/kg)
- Satuan lama = Rontgent (R)

1 C/kg adalah besar paparan yg dapat menyebabkan terbentuknya muatan listrik sebesar 1 coulomb pada suatu elemen volume udara yg mempunyai massa 1 kg.

Laju paparan

Laju paparan adalah besar paparan per satuan waktu.

Satuan laju paparan:

- SI = Coulomb/kilogram-jam (C/kg-jam)
- Satuan lama = Rontgent/Jam (R/jam)

II.4.4 Dosis Serap (D)

Dosis serap adalah energi rata-rata yang diserap bahan per satuan massa bahan tersebut. Satuan dosis serap adalah joule/kg atau gray (Gy)

$$D = \frac{dE}{dm} \quad (2.2)$$

Keterangan:

- dE = energi yg diserap
- dm = massa bahan

Satuan dosis serap:

- SI = joule/kg atau gray (Gy)
- Satuan lama: Radiation Absorbed Dose(rad)

1 gray (Gy) = 100 rad

Dosis serap berlaku untuk semua jenis radiasi dan semua jenis bahan yang dilalui.

Laju dosis serap

Laju dosis serap adalah besar dosis serap per satuan waktu Satuan laju dosis serap:

- SI = joule/kg.jam (Gy/jam)
- Satuan lama = rad/jam

Hubungan Dosis Serap dengan Paparan dapat di rumuskan sebagai berikut:

$$D = f \times X \quad (2.3)$$

Keterangan:

- D = Dosis serap (rad)
- X = Paparan (R)
- f = Faktor konversi dari laju paparan ke laju dosis serap (rad/R)

II.4.5 Dosis Ekuivalen (H)

Dosis ekuivalen merupakan perkalian dosis serap dan faktor bobot radiasi. Faktor bobot radiasi adalah besaran yang merupakan kuantisasi radiasi untuk menimbulkan kerusakan pada jaringan/organ.

Satuan dosis ekivalen adalah

- SI = Sievert (Sv)
- Satuan lama = Radiation Equivalen Men (Rem)

Dimana 1 Sievert (Sv) = 100 rem

Dosis serap yang sama tetapi berasal dari jenis radiasi yang berbeda ternyata memberikan akibat atau efek yang berbeda pada sistem tubuh makhluk hidup. Makin besar daya ionisasi makin tinggi tingkat kerusakan biologi yang ditimbulkannya. Besaran yg merupakan jumlah radiasi untuk menimbulkan kerusakan pada jaringan/organ dinamakan Faktor bobot radiasi (W_r)

Faktor bobot radiasi sebelumnya disebut dengan faktor kualitas (QF), Sedang untuk aplikasi di bidang radiologi dinyatakan dengan relative biological effectiveness (RBE)

Rumus dosis ekivalen:

$$H = \sum (D \times W_r) \quad (2.4)$$

keterangan:

H = dosis ekivalen

D = dosis serap

W_r = Faktor bobot radiasi

Laju dosis ekivalen

Laju dosis ekivalen adalah dosis ekivalen per satuan waktu

Satuan laju dosis ekivalen :

- SI = sievert/jam (Sv/jam)
- Satuan lama = Radiation Equivalen Men/jam (Rem/jam)

II.4.6 Dosis ekivalen efektif (E)

Dosis efektif adalah besaran dosis yang memperhitungkan sensitifitas organ/jaringan. Tingkat kepekaan organ/jaringan tubuh terhadap efek stokastik akibat radiasi disebut faktor bobot

organ/jaringan tubuh (W_t). Dosis efektif merupakan hasil perkalian dosis ekuivalen dengan faktor bobot jaringan/organ.

Pada penyinaran seluruh tubuh sedemikian sehingga setiap organ menerima dosis ekuivalen yg sama, ternyata efek biologi pada setiap organ tersebut. Efek radiasi yg diperhitungkan adalah efek stokastik. Besaran dosis yg memperhitungkan sensitivitas organ disebut dosis ekuivalen efektif (E) Tingkat kepekaan organ terhadap efek stokastik akibat radiasi disebut faktor bobot organ tubuh (W_r).

$$E_T = H_T \omega_T = D_T \omega_R \omega_T \quad (2.5)$$

Satuan dosis ekuivalen efektif:

- SI = sievert (Sv)
- Satuan lama = Radiation Equivalen Men (rem)

Laju dosis ekuivalen efektif

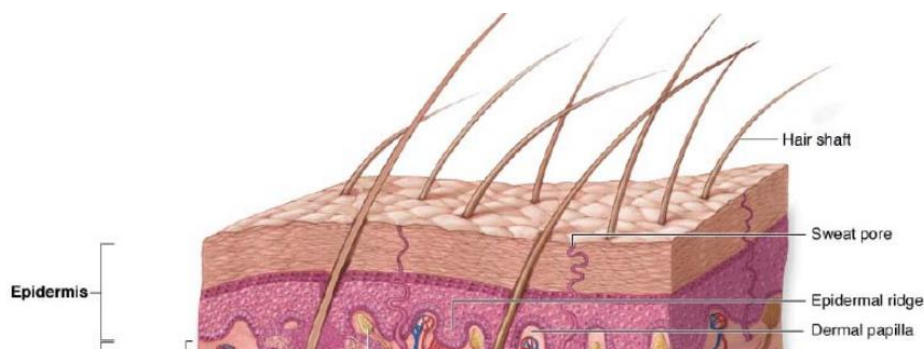
Laju dosis ekuivalen efektif adalah Dosis ekuivalen efektif per satuan waktu.

Satuan laju dosis ekuivalen efektif:

- SI = Sv/jam
- Satuan Lama = rem/jam. [21]

II.5 Efek Paparan Radiasi

Untuk radioterapi eksternal jaringan yang pertama terpapar radiasi adalah kulit. Kulit terdiri dari 3 lapisan, lapisan terluar disebut epidermis tahan air, yang merupakan penghalang pertama tubuh dan biosensor terhadap lingkungan luar, yang terdiri dari lapisan keratinosit. Lapisan kedua adalah dermis yang berada tepat di bawah epidermis. Lapisan ini merupakan lapisan penguat kulit, yaitu berupa jaringan ikat dari fibroblas, yang menampung folikel rambut dan jaringan keringat, dan lapisan terdalam adalah jaringan ikat yang tersusun dari lemak [22]. Kulit merupakan jaringan yang sangat sensitif terhadap gangguan luar, terutama radiasi, karena kulit mudah rusak, sehingga sel-sel kulit selalu cepat pulih, dan juga mengalami pematangan yang cepat.



Gambar 2.2 Lapisan-lapisan dan apendiks kulit. [23]

Lapisan pertama kulit yang akan rusak bila terkena radiasi adalah epidermis, tepatnya keratinosit basal, sel puncak folikel rambut, karena putusya untai ganda pada inti DNA sel akibat ion radikal, dan peradangan [16]. Untuk paparan radiasi dalam fraksinasi pertama radioterapi, menyebabkan kerusakan parah pada keratinosit basal, yang mengakibatkan gangguan perbaikan lapisan epidermis. Pada lapisan epidermis terdapat kromosom manusia. Kromosom manusia terkecil memiliki jumlah pasangan basah kurang lebih 5×10^7 [24], sehingga dari persamaan 2 akan diperoleh nilai kerusakan kromosom pada lapisan epidermis yang ditandai dengan adanya eritema, edema, perubahan pigmentasi, dan pengelupasan, penebalan stratum korneum, hilangnya cairan kulit, bahkan hilangnya seluruh lapisan epidermis [25]. Terlebih bagi mereka yang mengalami pengelupasan sel epidermis, ada risiko infeksi. Radiasi berulang dalam fraksinasi tidak memberikan waktu yang cukup bagi sel-sel epidermis untuk melakukan perbaikan lengkap, meskipun keratinosit basal yang tidak terlalu rusak terus diperbaiki. Namun perbaikan kerusakan sel epidermis yang terjadi belum sempurna, sehingga pasien kanker yang menjalani radioterapi akan merasakan ketidaknyamanan pada kulit disamping efek radioterapi lainnya (mual, demam, dll) [18].

Keratinosit merupakan jenis sel yang mendominasi lapisan epidermis, dengan kata lain hampir 90% dari lapisan epidermis adalah sel keratinosit. Sel-sel ini berasal dari lapisan terdalam epidermis, yang disebut *stratum basale* yang bergerak ke permukaan kulit atau *stratum korneum*. Protein utama yang ada dalam keratinosit adalah keratin. Keratin membantu sel-sel keratinosit berdiferensiasi dan bergerak menuju stratum korneum. Pada permukaan kulit atau stratum korneum, keratinosit menjadi sel gepeng yang mati dan tidak berkembang biak. Setelah keratinosit mencapai stratum korneum, permukaan kulit mengalami keratinisasi atau kornifikasi, yang menciptakan lapisan luar kulit yang keras. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa sel keratinosit berperan penting dalam perbaikan kulit [26].

Selain epidermis, dermis juga bisa terkena. Lapisan dermis didominasi oleh jaringan ikat untuk menopang lapisan epidermis, yang menampung folikel rambut dan kantong keringat, serta terdapat juga pembuluh darah kapiler. Paparan radiasi ion yang mencapai folikel rambut akan merusak akar rambut dan menyebabkan akar rambut tercabut, kantong keringat yang menyebabkan rambut rontok dan kulit kering, sedangkan pembuluh darah akan mempengaruhi sel darah. [16].

Menurut Mendelsohn FA dkk pada tabel (2.5) tahap awal setelah radioterapi pada permukaan kulit akan muncul ulkus akibat nekrosis yang terjadi pada lapisan epidermis, dan untuk dosis radiasi total radioterapi tidak melebihi atau mendekati 30 Gy, pada minggu keempat atau kelima, eritema kulit diamati diikuti dengan munculnya skuamosa kering, ditandai dengan gatal, dan pigmentasi melamin di lapisan basal. Setelah dua bulan, eksudat inflamasi dan edema telah mereda, meninggalkan area pigmentasi coklat. [40]

Tabel 2.6 Perubahan Kulit Akut Dengan Dosis Radiasi Lokal

Efek Kulit Akut	Dosis (Gy)	Waktu
Eritema Sementra Awal	2	Per Jam
Eritema Samar: Pencukuran Bulu	6 – 10	7 – 10 Hari
Eritema Pasti;	12 – 20	2 – 3 Minggu

Hiperpigmentasi		
Deskuamasi Kering	20 – 25	3 – 4 Minggu
Deskuamasi Lembab	30 - 40	≥ 4 Minggu
Koreng	> 40	≥ 6 Minggu
Efek Kulit Terlambat	Dosis (Gy)	Waktu
koreng Tertunda	> 45	Seminggu Setelah Terkena Paparan Radiasi
Nekrosis / Atrofi Kulit	> 45	Sebulan Setelah Terkena Paparan Radiasi
Fibrosis	> 45	6 Bulan – 1 Tahun Setelah Terkena Paparan Radiasi
Telangiektasia	> 45	6 Bulan – 1 Tahun Setelah Terkena Paparan Radiasi

BAB III

METODE PENELITIAN

III.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang meliputi usia, jenis kanker, stadium kanker, dosis fraksinasi, dosis total dan waktu penyinaran. Selanjutnya dilakukan analisis efek biologi pada kulit.

III.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Ruang Rekam Medik Radiotherapy Rumah Sakit Umum (RSU) Pendidikan Universitas Hasanuddin (UNHAS) Makassar, Sulawesi Selatan dari bulan Juni – Desember 2020 dengan menggunakan alat Linac Merk Varian



Gambar 3.1 Pesawat LINAC RSU Pendidikan UNHAS

III.3 Sampel Penelitian

Sampel dalam penelitian ini adalah data semua pasien yang didiagnosa kanker dan melakukan radioterapi di RSU Pendidikan UNHAS.