

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemanfaatan radiasi dalam bidang kesehatan saat ini berkembang pesat, khususnya dalam radiologi dan radioterapi. Radiologi menggunakan radiasi terutama sinar-X untuk tujuan diagnosis dengan cara menghasilkan gambar bagian dalam tubuh sehingga dapat melihat adanya kelainan seperti tumor dan patah tulang. Sedangkan radioterapi menggunakan radiasi pengion yang berenergi tinggi untuk mematikan sel kanker sebanyak mungkin dengan menekan kerusakan sel normal sekecil mungkin. Radiasi memiliki kemampuan untuk menghambat proliferasi sel kanker pada dosis tinggi dengan menyebabkan kerusakan pada (*Deoxyribonucleic Acid*) DNA sel (Khan, 2019). Radioterapi juga merupakan salah satu metode pengobatan kanker yang memberikan harapan hidup lebih lama bagi penderita. Radioterapi bertujuan untuk menjamin bahwa dosis radiasi dan geometri target yang diberikan kepada pasien tepat dan berada dalam batas toleransi jaringan sehat di sekitarnya. Radioterapi dalam akurasi dosis radiasi yang diterima oleh sel kanker sangat penting, yang dapat mengurangi rasa sakit pada pasien dengan penyakit ganas menggunakan radiasi pengion. Tindakan radioterapi harus dilakukan secara sistematis dan terencana. Radioterapi ini mempunyai banyak modalitas yang dapat digunakan salah satunya adalah pesawat teleterapi cobalt-60.

Pesawat teleterapi cobalt-60 merupakan modalitas radiasi yang umum digunakan meskipun ada metode lain yang tersedia. Radiasi gamma dari radioisotop cobalt-60 digunakan untuk menghancurkan sel kanker dan tumor pada pasien kanker yang tentunya sangat membantu dalam radioterapi. Keberhasilan dalam terapi sangat bergantung pada ketepatan dosis radiasi yang diberikan kepada target, serta perlindungan jaringan sehat di sekitarnya. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem pengendalian mutu QA yang mampu menjamin bahwa dosis yang dihantarkan oleh pesawat Cobalt-60 sesuai dengan dosis yang direncanakan secara klinis. Menurut

Podgorsak (2005), QA dalam pengendalian mutu pesawat cobalt-60 merupakan serangkaian prosedur terstruktur yang bertujuan untuk memastikan akurasi, konsistensi dan keselamatan dalam seluruh proses penyampaian radiasi. Salah satu komponen terpenting dalam QA radioterapi adalah verifikasi dosis. Verifikasi dosis yaitu proses konfirmasi bahwa dosis radiasi yang dihasilkan dan diberikan oleh pesawat terapi sesuai dengan nilai dosis yang dihitung secara dosimetri.

Verifikasi dosis memiliki peranan yang sangat penting, khususnya pada kontrol mutu rutin pesawat radioterapi. Verifikasi dosis pada pesawat cobalt-60 menjadi semakin krusial karena adanya peluruhan radioaktif sumber yang menyebabkan perubahan laju dosis seiring waktu. Tanpa verifikasi dosis yang memadai, penyimpangan dosis dapat terjadi dan berpotensi menurunkan efektivitas terapi atau meningkatkan risiko efek samping pada pasien. Berdasarkan praktik radioterapi pesawat cobalt-60 perlu dilakukan verifikasi sebelum pesawat digunakan untuk terapi. Verifikasi dosis dilakukan melalui pengukuran yang akurat, dengan ketelitian yang dipengaruhi oleh karakteristik detektor serta penerapan faktor-faktor koreksi dosimetri, sehingga dosis yang terukur dapat merepresentasikan dosis serap yang sebenarnya (Palmans dkk, 2018). Verifikasi dosis pada pesawat teleterapi cobalt-60 menggunakan fantom air dan fantom padat perlu dilakukan secara teliti untuk mengevaluasi apakah kedua media pengukuran tersebut mampu memberikan hasil yang akurat dan konsisten sesuai dengan standar dosimetri yang digunakan.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Patlan-Cardoso dkk. (2021) dan kajian Ounalli dkk. (2017) serta Egedin (2017) tentang pesawat cobalt-60 yang lebih menekankan pada ketertelusuran dan konsistensi sistem dosimetri. Selain itu, penelitian Abrar dkk. (2022) dan Suharmono dkk. (2020) membahas verifikasi dosis berkas foton energi tinggi pada pesawat LINAC menggunakan fantom padat dengan variasi luas lapangan, namun masih terbatas pada satu jenis fantom dan energi berbeda. (Aziz dkk. 2021) menilai akurasi dosimetri unit cobalt-60 melalui pengukuran dosis serap ke air, persentase dosis kedalaman, profil berkas, dan faktor keluaran sesuai protokol IAEA TRS-277 dan TRS-398, dengan hasil yang tetap berada dalam batas

toleransi. Akram dkk. (2018) menemukan bahwa luas lapangan penyinaran berpengaruh signifikan terhadap nilai dosis pada cobalt-60, di mana peningkatan ukuran lapangan menyebabkan meningkatnya dosis akibat kontribusi radiasi hambur dalam medium penyerap. Sementara itu, Nabilla dan Milvita (2020) meneliti dosis keluaran cobalt-60 dalam kaitannya dengan variasi dimensi bidang persegi panjang dengan luas yang setara menggunakan fantom air, mencapai deviasi dosis yang sesuai dengan standar AAPM TG-40. Iramanda (2021) melakukan tinjauan tentang pelaksanaan jaminan mutu dan kontrol mutu untuk sistem cobalt-60 melalui program kalibrasi sistematis yang selaras dengan standar internasional. Investigasi lain mengenai perbandingan dosimetri cobalt-60 menyoroti keandalan hasil pengukuran dosis di berbagai sistem dosimetri sesuai dengan standar IAEA. Meskipun demikian, studi-studi tersebut umumnya berfokus pada kinerja instrumen, geometri lapangan, atau kecukupan protokol QA dengan satu jenis media pengukuran, sehingga belum secara spesifik membandingkan akurasi verifikasi dosis antara fantom air dan fantom padat dalam konteks klinis. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi akurasi verifikasi dosis cobalt-60 pada fantom air dan fantom padat guna memperluas kajian tentang verifikasi dosis klinis.

Pengukuran dosis keluaran dari perangkat cobalt-60 merupakan aspek penting dalam verifikasi dosis radioterapi dan dapat dilakukan menggunakan berbagai jenis fantom, termasuk fantom air dan fantom padat. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa fantom padat yang memiliki variasi densitas menyerupai jaringan tubuh manusia menunjukkan adanya deviasi dosis yang lebih besar dibandingkan fantom air, terutama pada lapangan penyinaran yang lebih luas. Hal ini mengindikasikan bahwa jenis fantom yang digunakan dalam verifikasi dosis berpengaruh terhadap hasil pengukuran laju dosis (Handoko dkk., 2018). Penelitian yang dilakukan Akram dkk. (2020) diketahui juga bahwa fantom padat cenderung menyerap dosis lebih besar dibandingkan fantom air pada kondisi pengukuran yang sama, yang terutama disebabkan oleh perbedaan densitas dan komposisi material fantom sehingga memengaruhi mekanisme interaksi radiasi dan kontribusi hamburan. Temuan-temuan

tersebut mengindikasikan bahwa jenis fantom yang digunakan dalam verifikasi dosis berpengaruh terhadap hasil pengukuran laju dosis, sehingga diperlukan kajian lebih lanjut untuk menilai keakuratan penggunaan fantom padat dari segi penggunaan. Fantom air cenderung lebih kompleks dan memerlukan persiapan lebih lama, karena membutuhkan tangki air, sistem pengisian, serta pengaturan posisi detektor di dalam air berbeda dengan fantom padat yang lebih efisien terhadap waktu sebagai alternatif fantom air dalam verifikasi dosis pesawat cobalt-60. Fantom air dan fantom padat tersebut digunakan untuk merepresentasikan jaringan manusia secara akurat (ICRP, 2015).

Menurut protokol internasional TRS-398 IAEA, faktor koreksi yang presisi diperlukan untuk menjamin kesetaraan hasil pengukuran antara kedua fantom tersebut. Faktor koreksi yang konsisten dan andal ditemukan untuk berbagai energi foton dan berkas elektron. Penelitian Firmansyah dkk. (2017) berhasil menekankan akurasi simulasi dan mendapatkan deviasi dosimetri kurang dari 2% dibandingkan dengan *Treatment Planning System* (TPS). Hasil penelitian yang dilakukan Aliyah dkk. (2022) menunjukkan juga bahwa dosis keluaran cobalt-60 pada kondisi referensi memiliki deviasi yang sangat kecil dibandingkan dengan nilai dosis hasil perhitungan TPS, yang mengindikasikan bahwa kinerja pesawat cobalt-60 berada dalam kondisi optimal. Oleh karena itu, verifikasi dosis keluaran berkas radiasi cobalt-60 perlu dilakukan secara berkala untuk memastikan kestabilan performa pesawat serta menjamin mutu dan keselamatan pelayanan radioterapi.

Keakuratan dosimetri sangat penting untuk verifikasi terapi pada pesawat teleterapi cobalt-60 guna memastikan bahwa dosis radiasi yang diberikan aman bagi pasien dan sesuai dengan rencana perawatan. Nilai faktor keluaran dan kurva *Percentage Depth Dose* (PDD), yang sesuai dengan sifat berkas cobalt-60, menunjukkan dosis serap yang stabil dan akurat serta peningkatan dosis yang konsisten seiring dengan peningkatan ukuran medan berdasarkan hasil pengukuran dosimetri. Hasil ini menyoroti betapa pentingnya verifikasi dosimetri yang menyeluruh untuk mempertahankan kinerja terbaik pesawat cobalt-60 dan kepatuhan terhadap standar

IAEA guna memberikan layanan radioterapi berkualitas tinggi. Berdasarkan survei yang telah dilakukan di RSUP M. Djamil Padang belum pernah dilakukan penelitian mengenai perbandingan keakuratan verifikasi laju dosis keluaran cobalt-60 pada fantom air dan fantom padat. Verifikasi ini merupakan langkah penting untuk memastikan ketepatan, keamanan, dan efektivitas pengobatan kanker menggunakan radiasi.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui hasil verifikasi dosis pesawat cobalt-60 pada fantom air dan fantom padat di Instalasi RSUP Dr. M. Djamil Padang.
2. Mengevaluasi perbedaan keakuratan dosis serap antara fantom air dan fantom padat sebagai media verifikasi dosis.
3. Menganalisis pengaruh variasi luas lapangan penyinaran (5×5 , 10×10 , 15×15 , 20×20 dan 25×25) cm^2 terhadap keakuratan verifikasi dosis pada fantom air dan fantom padat.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian yaitu mendukung peningkatan mutu dan keselamatan pasien pada layanan radioterapi, evaluasi keakuratan dosis radiasi pesawat cobalt-60 secara berkala dan membantu penerapan program QA dalam radioterapi di RSUP Dr. M. Djamil Padang.

1.4 Ruang Lingkup dan Batasan Penelitian

Adapun ruang lingkup dan batasan masalah yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Penelitian difokuskan pada verifikasi laju dosis radiasi eksternal yang dihasilkan oleh pesawat teleterapi cobalt-60.
2. Media verifikasi yang digunakan terbatas menggunakan bilik ionisasi serta menggunakan fantom air sebagai media referensi dan fantom padat sebagai media pembanding.
3. Perhitungan dosis serap mengacu pada protokol IAEA TRS-398 dengan menerapkan faktor koreksi suhu dan tekanan (k_{TP}), polaritas (k_{pol}), dan rekombinasi ion (k_s).
4. Variasi parameter penyinaran yang diteliti hanya mencakup ukuran lapangan penyinaran yaitu (5×5 , 10×10 , 15×15 , 20×20 dan 25×25) cm^2 .