

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kanker merupakan suatu penyakit yang ditandai dengan adanya pertumbuhan sel-sel jaringan tubuh yang tidak normal dan tidak terkontrol akibat gangguan pada pertumbuhan dan perubahan sel manusia. Pertumbuhan yang tidak normal ini dapat merusak sel normal di sekitarnya dan di bagian tubuh yang lain. Beberapa faktor yang menyebabkan pertumbuhan kanker, yaitu faktor genetik, lingkungan, kebiasaan dan gaya hidup. Tanda klinis kanker sangat bergantung pada jenis dan lokasi anatomi kanker. Namun, secara umum dapat ditandai dengan gejala sistemik seperti kelelahan kronis tanpa penyebab yang jelas, perubahan pigmentasi atau tekstur kulit, serta terbentuknya penebalan jaringan yang abnormal di area tertentu. Penentuan terapi kanker didasarkan pada klasifikasi kanker, stadium klinis serta kondisi fisiologis pasien. Salah satu cara terapi utama untuk pengobatan kanker adalah radioterapi yang memanfaatkan radiasi pengion untuk menghambat pertumbuhan dan menghancurkan sel-sel ganas (Nisa, 2021).

Radioterapi adalah salah satu terapi kanker yang memanfaatkan radiasi pengion (sinar-X) untuk menghancurkan sel-sel ganas yang masih tersisa di dalam tubuh pasien. Keberhasilan terapi ini sangat bergantung pada ketepatan distribusi dosis radiasi, dimana dosis radiasi harus terdistribusi secara optimal pada volume target dengan meminimalkan paparan radiasi di jaringan sehat. *Linear Accelerator (Linac)* adalah perangkat utama dalam radioterapi eksternal yang berfungsi mempercepat partikel bermuatan khususnya elektron melalui kombinasi medan listrik dan medan magnet hingga mencapai energi kinetik yang tinggi. *Linac* mampu menghasilkan dua jenis berkas radiasi yaitu, berkas elektron dan berkas foton. Berkas elektron dengan rentang energi 4 – 22 MeV umumnya digunakan untuk terapi yang berada di dekat permukaan kulit, sementara berkas foton dengan energi antara 6 – 18 MV dimanfaatkan untuk terapi kanker yang terletak di dalam jaringan seperti kanker payudara, kanker serviks dan kanker nasofaring (Winarno, 2021).

Energi berkas yang dihasilkan *Linear Accelerator* merupakan parameter fundamental yang menentukan karakteristik penetrasi radiasi, distribusi dosis di dalam medium, serta kualitas berkas radiasi yang digunakan dalam terapi kanker. Energi foton dinyatakan dalam satuan Mega Volt (MV) yang dihasilkan melalui proses *Bremsstrahlung* yaitu interaksi perlambatan elektron berenergi tinggi pada target logam (umumnya tungsten). Berbagai penelitian terkait berkas radiasi *Linac* dalam menunjang efektivitas radioterapi menunjukkan pada penggunaan berkas foton dengan energi 6 MV, nilai keluaran per 1 MU dengan *Source to Surface Distance* (SSD) 100 cm dan ukuran lapangan penyinaran 10x10 cm berada pada kisaran 0,9938 cGy dengan deviasi pengukuran 1,173%. Selain itu, evaluasi kualitas keluaran berkas radiasi pesawat terapi *Linac* di Rumah Sakit Angkatan Laut Dr. Ramelan Surabaya dengan standar IAEA TRS 398 yang masih berada dalam toleransi yang direkomendasikan yaitu $\pm 2\%$ (Puspa, 2020).

Kerataan berkas (*beam flatness*) pada *Linear Accelerator* adalah parameter kualitas berkas yang menggambarkan keseragaman dosis radiasi pada arah menyamping (*lateral*) berkas di dalam suatu bidang referensi tertentu. *Flatness* menunjukkan sejauh mana dosis pada sumbu utama dan daerah di sekitarnya memiliki nilai yang relatif seragam dalam batas medan penyinaran yang ditentukan. Penelitian tentang *flatness* untuk berkas radiasi 6 MV tergantung pada ukuran lapangan dan variasi kedalaman pada pesawat *Linac* tipe Elekta di variasi kedalaman 10x10 cm, 20x20 cm dan 40x40 cm yang hasilnya menunjukkan adanya sedikit fluktuasi *flatness* sehubungan dengan perubahan ukuran dan kedalaman bidang (Blerina, 2025).

Simetri berkas (*beam symmetry*) adalah parameter kualitas berkas yang menggambarkan kesimetrisan distribusi dosis radiasi terhadap sumbu pusat berkas. Simetri berkas menunjukkan kesesuaian distribusi antara dua titik yang terletak pada jarak yang sama tetapi berlawanan arah dari sumbu pusat berkas baik pada arah *inline* atau *crossline*. Penelitian tentang karakteristik profil berkas *Linac* Varian Vital Beam dengan variasi energi foton 6 MV, 10 MV dan 15 MV serta ukuran lapangan penyinaran 4x4 cm, 10x10 cm dan 20x20 cm menunjukkan bahwa nilai simetri berkas berada antara 0,01 hingga 0,30% hasil ini menunjukkan simetri

berkas untuk semua energi foton berada dalam batas toleransi yang diberikan (Riadul, 2024).

Nilai kerataan berkas (*beam flatness*) di luar toleransi dapat mengindikasikan adanya gangguan pada sistem pembentuk berkas seperti *flattening filter* atau sistem kolimasi yang berpotensi memengaruhi kualitas distribusi dosis klinis, sedangkan nilai simetri berkas (*beam symmetry*) yang melebihi batas toleransi yang direkomendasikan dapat mencerminkan adanya ketidaksesuaian pada aspek mekanik maupun elektronika pesawat terapi yang dapat berdampak terhadap ketepatan dan akurasi terapi kepada pasien. Oleh karena itu, verifikasi kualitas berkas radiasi pada pesawat *Linear Accelerator* perlu dilakukan secara berkala untuk memastikan keluaran energi dan distribusi dosis radiasi yang dihasilkan sesuai dengan yang dibutuhkan oleh setiap pasien.

Pengukuran dosis pada praktik terapi radioterapi harus dilaksanakan secara akurat dan mengacu pada standar internasional. Proses penentuan dosis radiasi umumnya mengikuti protokol *Technical Report Series (TRS) 398* yang diterbitkan oleh *International Atomic Energy Agency (IAEA)* pada akhir tahun 2000 yang menjadi pedoman utama dalam dosimetri klinis. Selain itu, perlu adanya evaluasi kualitas berkas radiasi baik berkas elektron maupun berkas foton pada setiap pesawat terapi *Linear Accelerator* secara berkala guna memastikan karakteristik berkas tetap berada dalam kondisi yang dapat diterima secara klinis. Pengendalian kualitas ini bertujuan untuk menjamin energi radiasi yang dikeluarkan pada setiap penyinaran sesuai dengan dosis yang direncanakan kepada pasien serta memenuhi prinsip-prinsip proteksi radiasi. Parameter kualitas berkas radiasi yang dihasilkan berupa dosis serap, kerataan berkas (*beam flatness*) dan simetri berkas (*beam symmetry*) berkas harus senantiasa dipertahankan dalam batas toleransi yang direkomendasikan. Penyimpangan dosis sekecil $\pm 3\%$ dapat memberikan dampak signifikan terhadap hasil klinis yang berpotensi meningkatkan risiko kegagalan kontrol tumor maupun timbulnya efek samping toksik pada jaringan sehat.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini, yaitu:

1. Menganalisa nilai dosis serap yang dihasilkan *Linear Accelerator* tipe Clinac CX pada energi 6 MV.
2. Menganalisa nilai keakuratan kerataan berkas radiasi.
3. Menganalisa nilai keakuratan simetri berkas radiasi.

1.3 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini, yaitu:

1. Dapat menganalisa nilai dosis serap, kerataan berkas dan simetri berkas yang dihasilkan *Linear Accelerator* tipe Clinac CX pada energi 6 MV.
2. Dapat menjadi bahan pertimbangan dan masukan bagi pihak rumah sakit dalam upaya meningkatkan efektivitas, pengawasan dan pengamanan kondisi alat *Linear Accelerator* secara berkala.