

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Prosedur jaminan kualitas atau *Quality Assurance* (QA) dalam radioterapi umumnya memerlukan pengukuran dosis serta verifikasi posisi pasien. Pada teknik radioterapi konvensional, verifikasi dosimetrik dilakukan menggunakan metode yang telah mapan dan sebagian besar diterapkan selama proses *acceptance test* (Grzadziel, Rutkowski and Ślosarek 2007). Verifikasi rencana pengobatan radioterapi merupakan langkah yang sangat penting, terutama pada teknik radioterapi modern yang memiliki tingkat kompleksitas tinggi. Hal ini dikarenakan tujuan utama radioterapi adalah memberikan dosis radiasi penganan secara optimal pada target tumor dengan tetap meminimalkan dosis terhadap organ kritis dan jaringan sehat di sekitarnya. Dalam praktik klinis, ruang ionisasi (*ionization chamber*) telah lama digunakan sebagai perangkat standar dalam pengukuran QA radioterapi modern.

Perkembangan teknologi radioterapi, khususnya *Intensity Modulated Radiation Therapy* (IMRT), meningkatkan kompleksitas distribusi dosis dan proses penyampaian radiasi. IMRT merupakan pengembangan dari teknik *Three-Dimensional Conformal Radiation Therapy* (3DCRT) yang mampu menghasilkan distribusi dosis lebih konformal terhadap bentuk target tumor. Pada teknik ini, *Multileaf Collimator* (MLC) digunakan untuk mengatur intensitas berkas radiasi yang diberikan ke target. Karena pergerakan MLC dikontrol secara komputerisasi, teknik IMRT memungkinkan proses penyampaian terapi dilakukan secara otomatis tanpa memerlukan operator masuk ke ruang terapi untuk melakukan pengaturan lapangan penyinaran. Selama proses terapi berlangsung, posisi daun MLC diverifikasi oleh sistem komputer sehingga kualitas kontrol terapi menjadi lebih baik dibandingkan penggunaan blok pelindung konvensional.

Van Esch et al. (2004) mengevaluasi model prediksi dosis portal menggunakan algoritma *amorphous Silicon* (a-Si) untuk pengukuran dan pengujian lapangan klinis IMRT (Van, Depuydt and Huyskens 2004). Selanjutnya, Spezi et

al. (2005) mengkarakterisasi *array* ruang ionisasi dua dimensi untuk verifikasi radioterapi tingkat lanjut (Spezi, et al. 2005). Penelitian yang dilakukan oleh Listiono (2025) juga menunjukkan bahwa penggunaan *Electronic Portal Imaging Device* (EPID) pada teknik IMRT dapat digunakan sebagai metode *Pretreatment Quality Assurance* (PSQA) yang efektif (Listiono 2025). Seiring perkembangan teknologi, verifikasi QA berbasis array ionisasi planar dua dimensi dan EPID mulai menjadi standar dalam pengukuran QA radioterapi modern.

Implementasi IMRT dalam terapi radiasi eksternal memberikan tuntutan tinggi terhadap perangkat pengukuran dan prosedur QA. Distribusi dosis tiga dimensi yang dihasilkan oleh *Treatment Planning System* (TPS) harus diverifikasi menggunakan metode dosimetrik untuk memastikan kesesuaian antara dosis hasil perencanaan dan dosis aktual yang dihantarkan oleh pesawat LINAC (Ibrahim, Ismail and Hamdy 2018). Verifikasi tersebut umumnya dilakukan dengan membandingkan distribusi dosis hasil perhitungan dan hasil pengukuran pada beberapa bidang dua dimensi koplanar (Herzen, Todorovic and Cermers 2007) (Saminathan, et al. 2010).

PSQA merupakan prosedur QA yang dilakukan sebelum terapi diberikan kepada pasien dengan tujuan memastikan bahwa hasil perhitungan TPS pada teknik IMRT sesuai dengan distribusi dosis aktual yang akan dihantarkan oleh pesawat *Linear Accelerator* (LINAC). Pada metode konvensional, proses PSQA menggunakan phantom dan array detektor sering membutuhkan waktu yang relatif lama, mulai dari proses persiapan alat, *setup*, pengukuran, hingga analisis hasil. Kondisi ini menjadi tantangan dalam pelayanan radioterapi modern yang menuntut efisiensi waktu tanpa mengurangi aspek keselamatan dan akurasi terapi.

Salah satu metode verifikasi dosis yang berkembang pesat adalah penggunaan EPID. EPID mampu melakukan pengukuran distribusi dosis dua dimensi dengan resolusi tinggi serta waktu akuisisi yang relatif singkat dibandingkan metode QA konvensional. Selain itu, EPID dapat diintegrasikan langsung dengan sistem LINAC sehingga proses PSQA dapat dilakukan secara lebih cepat, praktis, dan non-invasif tanpa memerlukan *setup* phantom yang kompleks. Efisiensi waktu dalam penggunaan EPID menjadi salah satu keuntungan

utama, terutama pada fasilitas radioterapi dengan jumlah pasien yang tinggi dan kebutuhan QA rutin yang cepat.

Radioterapi merupakan salah satu modalitas utama dalam penatalaksanaan kanker, termasuk kanker otak (*Ca Brain*), yang membutuhkan tingkat akurasi dosis sangat tinggi karena lokasi tumor umumnya berdekatan dengan organ kritis seperti *brainstem*, *optic nerve*, dan jaringan otak sehat. Kesalahan kecil dalam distribusi dosis dapat menyebabkan efek samping neurologis yang serius maupun kegagalan terapi. Oleh karena itu, verifikasi dosis menjadi aspek yang sangat penting dalam menjamin keselamatan dan efektivitas terapi radiasi.

Analisis *gamma index* merupakan metode evaluasi yang umum digunakan dalam verifikasi dosis radioterapi karena mampu menggabungkan dua parameter penting, yaitu perbedaan dosis *dose difference* (DD) dan perbedaan posisi *distance to agreement* (DTA). Dengan menggunakan kriteria tertentu, seperti 3%/3 mm, 3%/2 mm, dan 2%/2 mm *gamma index* dapat memberikan gambaran kuantitatif mengenai kesesuaian antara distribusi dosis hasil perencanaan dan hasil pengukuran. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini dilakukan untuk melakukan verifikasi dosis radioterapi pada kasus *Ca Brain* menggunakan EPID dengan analisis *gamma index*, guna memastikan bahwa distribusi dosis yang diberikan sesuai dengan rencana terapi serta memenuhi standar keselamatan dan kualitas yang ditetapkan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kesesuaian antara dosis yang direncanakan pada Treatment Planning System (TPS) dengan dosis yang terukur menggunakan *Electronic Portal Imaging Device* (EPID) pada kasus *Ca Brain*?
2. Bagaimana hasil analisis *gamma index* dalam mengevaluasi akurasi distribusi dosis radioterapi pada teknik IMRT?
3. Apakah hasil verifikasi dosis menggunakan EPID memenuhi kriteria

kelayakan klinis berdasarkan standar gamma index (misalnya 3%/3 mm, 3%/2 mm, 2%/2 mm dan 1%/1mm)?

1.3 Tujuan dan Manfaat

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kesesuaian antara distribusi dosis yang dihitung oleh *Treatment Planning System* (TPS) dan dosis hasil pengukuran menggunakan *Electronic Portal Imaging Device* (EPID) pada kasus kanker otak (*Ca Brain*), melalui verifikasi dosis berbasis *Patient-Specific Quality Assurance* (PSQA) serta analisis *gamma index* sebagai indikator akurasi dan kualitas penyampaian dosis radioterapi.

Manfaat dari Penelitian ini adalah memberikan evaluasi terhadap performa sistem EPID sebagai alat verifikasi dosis dalam praktik klinis, serta mendukung implementasi prosedur *pretreatment quality assurance* yang lebih efisien dan akurat.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan pada radioterapi dengan teknik *Intensity-Modulated Radiation Therapy* (IMRT) pada area kepala menggunakan pesawat LINAC Halcyon di Rumah Sakit Indriati, Solo Baru.
2. Pengukuran *Patient-Specific Quality Assurance* (PSQA) dilakukan menggunakan *Electronic Portal Imaging Device* (EPID) pada pesawat LINAC Halcyon.
3. Metode verifikasi dosis yang digunakan adalah metode *True Composite* (TC).
4. Variasi kriteria *gamma index* yang digunakan adalah 3%/3 mm, 3%/2 mm, 2%/2 mm dan 1%/1 mm.
5. Data pasien yang digunakan adalah sebanyak 10 pasien radioterapi pada area kepala (*Ca Brain*).
6. Perangkat lunak yang digunakan dalam perencanaan radioterapi adalah *Eclipse* dan *Varian Portal Dosimetry versi 16.1*.