

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kanker serviks merupakan salah satu masalah kesehatan global utama dan menempati urutan keempat sebagai kanker yang paling sering didiagnosis pada wanita di seluruh dunia. Sehingga diperlukan penanganan yang tepat dan terencana dengan baik pada kanker serviks. Dalam penatalaksanaan klinisnya, radioterapi memegang peranan fundamental, baik sebagai modalitas kuratif utama maupun adjuvan pasca-pembedahan (Baskar et al., 2012). Prinsip dasar dari radioterapi adalah menghantarkan dosis radiasi pengion yang presisi dan homogen pada *Planning Target Volume* (PTV) untuk mengeradikasi sel tumor, sekaligus membatasi paparan dosis pada jaringan sehat atau *Organs at Risk* (OAR) seminimal mungkin (Podgorsak, 2005). Kompleksitas anatomi panggul, di mana target tumor berdekatan dengan organ kritis seperti rektum, kandung kemih, dan kaput femoralis, menuntut akurasi tinggi dalam setiap tahap perencanaan (Georg et al., 2011).

Ketepatan distribusi dosis radiasi ini sangat bergantung pada proses simulasi yang dilakukan menggunakan perangkat lunak *Treatment Planning System* (TPS). TPS berfungsi mengintegrasikan data anatomis pasien dari citra CT-Simulator dengan algoritma perhitungan dosis (*dose calculation algorithm*) untuk memodelkan interaksi radiasi di dalam tubuh (Gibbons, 2019). Sesuai dengan rekomendasi *International Atomic Energy Agency* (IAEA), akurasi perhitungan dosis oleh TPS harus berada dalam toleransi yang ketat (biasanya $< 3\text{-}5\%$) untuk menjamin efektivitas pengobatan dan keselamatan pasien (IAEA, 2004).

Secara teknis, algoritma pada TPS melakukan diskritisasi volume pasien menjadi elemen-elemen volume kecil berbentuk kotak yang disebut *voxels*. Perhitungan dosis dilakukan pada titik tengah voxel tersebut, dan jarak antar titik ini didefinisikan sebagai *dose calculation grid size*. Pemilihan ukuran grid merupakan parameter kritis yang berdampak langsung pada resolusi spasial distribusi dosis. Secara teoritis, ukuran grid yang lebih kecil (resolusi tinggi) akan

menghasilkan kurva isodosis yang lebih halus dan akurat, terutama di daerah dengan gradien dosis tinggi (Dempsey et al., 2005). Namun, peningkatan resolusi ini berbanding lurus dengan beban komputasi, yang menyebabkan waktu perhitungan menjadi jauh lebih lama. Sebaliknya, penggunaan grid yang lebih besar mempercepat proses perencanaan, namun berisiko menimbulkan ketidakakuratan akibat efek perataan dosis (*dose averaging*) di dalam voxel yang besar (Huang et al., 2015).

Studi terdahulu telah menunjukkan bahwa variasi *grid size* (1 – 5 mm) memiliki dampak signifikan terhadap parameter dosimetri. Penelitian oleh Srivastava et al. (2017) pada kasus kepala dan leher menunjukkan bahwa grid yang lebih kasar menyebabkan deviasi pada indeks konformitas (*Conformity Index*) dan indeks homogenitas (*Homogeneity Index*). Lebih jauh lagi, ketidakakuratan dosimetri akibat pemilihan grid yang tidak tepat dapat memengaruhi prediksi parameter radiobiologis, seperti *Tumor Control Probability* (TCP) dan *Normal Tissue Complication Probability* (NTCP), yang berpotensi membiaskan evaluasi klinis rencana terapi (Nielsen et al., 2011).

Meskipun pengaruh *grid size* telah banyak dieksplorasi, mayoritas literatur saat ini berfokus pada teknik radioterapi kompleks seperti *Intensity-Modulated Radiotherapy* (IMRT) atau *Volumetric Modulated Arc Therapy* (VMAT) pada lokasi anatomi dengan struktur kecil yang rumit (Park et al., 2014), namun analisis spesifik pada teknik *Three Dimensional Conformal Radiation Therapy* (3D-CRT) untuk kanker serviks masih terbatas. Padahal, teknik 3D-CRT masih menjadi standar pelayanan di banyak pusat radioterapi, terutama di negara berkembang. Selain itu, karakteristik volume target kanker serviks yang besar dan relatif homogen berbeda dengan target kecil pada kasus kepala-leher, sehingga asumsi dampak *grid size* dari studi IMRT mungkin tidak sepenuhnya relevan untuk diterapkan pada kasus serviks 3D-CRT (Iqbal et al., 2023).

Algoritma *Anisotropic Analytical Algorithm* (AAA), yang merupakan algoritma standar pada TPS Eclipse (Varian Medical Systems), banyak digunakan karena keunggulannya dalam memodelkan transportasi radiasi pada media heterogen menggunakan model konvolusi/superposisi (Tillikainen et al., 2008).

Mengingat sensitivitas algoritma ini terhadap perubahan densitas dan resolusi grid, variasi pengaturan *grid size* (misalnya 1 mm, 2.5 mm, atau 5 mm) diduga kuat akan menghasilkan perbedaan output dosimetri yang perlu dikuantifikasi.

Berdasarkan kesenjangan literatur (*research gap*) di atas, di mana belum ditemukan studi yang mengevaluasi secara sistematis pengaruh resolusi grid pada algoritma AAA khusus untuk kasus kanker serviks dengan teknik 3D-CRT, penelitian ini menjadi penting untuk dilakukan. Penelitian ini berjudul “Analisis Pengaruh *Grid Size* pada Perhitungan Dosis *Anisotropic Analytical Algorithm* Perencanaan 3D-CRT Kanker Serviks”. Hasil dari studi ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi praktis bagi fisikawan medis dalam menentukan ukuran grid yang optimal, yang menyeimbangkan antara akurasi dosimetri pada target dan OAR dengan efisiensi waktu komputasi dalam praktik klinis sehari-hari.

Fokus penelitian ini dibatasi pada data citra *Computed Tomography-Simulator* (CT-Simulator) pasien kanker serviks yang diolah menggunakan sistem perencanaan radioterapi atau *Treatment Planning System* (TPS) Eclipse. Variabel utama yang dikaji mencakup parameter dosimetri pada *Dose Volume Histogram* (DVH), yaitu dosis pada *Planning Target Volume* (PTV) serta organ risiko (*Organ at Risk*), yang terdiri dari kandung kemih (*bladder*), rektum (*rectum*), usus halus (*small bowel*) dan kaput femoralis (*femoral heads*). Evaluasi kualitas perencanaan radioterapi dilakukan melalui penilaian objektif terhadap *Homogeneity Index* (HI) dan *Conformity Index* (CI), serta durasi waktu komputasi yang dibutuhkan pada setiap variasi grid.

Penelitian ini tidak membahas aspek luaran klinis pasien (*clinical outcome*) maupun efikasi biologis secara langsung, melainkan berfokus pada penilaian teknis akurasi perhitungan dosis secara objektif berdasarkan variasi *dose calculation grid size* (1 mm, 2.5 mm, dan 5 mm). Teknik radioterapi yang digunakan dibatasi pada *Three Dimensional Conformal Radiation Therapy* (3D-CRT) dengan menggunakan algoritma *Anisotropic Analytical Algorithm* (AAA) guna menjaga konsistensi perbandingan hasil kalkulasi. Lokasi penelitian dilakukan pada instalasi radioterapi atau laboratorium medik yang memiliki fasilitas TPS Eclipse dengan lisensi algoritma AAA yang mendukung variasi parameter grid secara presisi. Adapun

waktu pelaksanaan penelitian akan disesuaikan dengan ketersediaan sarana data klinis dan jadwal akademik yang telah ditetapkan.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini yaitu:

1. Mengevaluasi nilai *Conformity Index* (CI) dan *Homogeneity Index* (HI) distribusi dosis pada Planning Target Volume (PTV) yang dihasilkan dari perhitungan 3D CRT dengan *grid size* 1 mm, 2.5 mm, dan 5 mm.
2. Mengevaluasi perbedaan dosis pada organ at risk (OAR) yaitu kandung kemih, rektum, usus halus, dan kaput femoral yang dihasilkan dari perhitungan 3D CRT dengan *grid size* 1 mm, 2.5 mm, dan 5 mm.
3. Menentukan *grid size* optimal dengan membandingkan efisiensi dan waktu komputasi TPS pada berbagai variasi *grid size*, serta merekomendasikan *grid size* yang paling efektif dan efisien untuk perencanaan rutin radioterapi kanker serviks teknik 3D-CRT berbasis algoritma AAA.

1.3 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini, yaitu:

1. Memberikan informasi berbasis bukti kepada fisikawan medis mengenai pengaruh pemilihan *grid size* terhadap hasil perhitungan dosis dalam perencanaan radioterapi kanker serviks menggunakan teknik *Three Dimensional Conformal Radiation Therapy* (3D-CRT).
2. Membantu fasilitas pelayanan radioterapi dalam menentukan *grid size* yang optimal sebagai pertimbangan antara akurasi dosis dan efisiensi waktu perhitungan pada praktik klinis sehari-hari.
3. Mendorong pertimbangan penggunaan *grid size* yang lebih akurat sebagai bagian dari penerapan prinsip proteksi radiasi, khususnya prinsip Terapeutik.