

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Kanker serviks masih menjadi salah satu masalah kesehatan utama pada perempuan di dunia. Berdasarkan laporan *Global Cancer Observatory* (GLOBOCAN) tahun 2020, diperkirakan terdapat 662.301 perempuan yang terdiagnosis kanker serviks dengan jumlah kematian mencapai 348.874 kasus. Di Indonesia, kanker serviks menyumbang sekitar 9% dari seluruh insidensi kanker atau setara dengan 36.964 kasus baru, sehingga menempati peringkat ketiga kanker dengan insidensi tertinggi serta menjadi penyebab kematian keempat akibat kanker (Sung dkk., 2021). Tingginya angka kejadian ini berkaitan dengan rendahnya cakupan vaksinasi *Human Papilloma Virus*, keterbatasan skrining, serta diagnosis yang sering terlambat, sehingga sebagian besar pasien datang pada stadium lanjut dan memerlukan terapi multimodal, termasuk radioterapi.

Radioterapi merupakan modalitas utama dalam tata laksana kanker serviks stadium menengah hingga lanjut. Perkembangan teknologi radioterapi, khususnya teknik *Intensity Modulated Radiation Therapy* (IMRT), memungkinkan pemberian dosis tinggi yang lebih konformal pada *Planning Target Volume* (PTV) sekaligus menurunkan dosis pada *Organs at Risk* (OAR) seperti rektum, kandung kemih, dan usus halus. Namun demikian, keberhasilan IMRT tidak hanya ditentukan oleh kualitas perencanaan geometris, tetapi juga sangat bergantung pada akurasi algoritma perhitungan dosis yang digunakan dalam *Treatment Planning System* (TPS).

Salah satu algoritma perhitungan dosis yang banyak digunakan dalam praktik klinis adalah *Analytical Anisotropic Algorithm* (AAA). Algoritma ini berbasis *convolution–superposition* dengan kernel anisotropik yang memisahkan komponen fluens primer, hamburan sekunder, dan elektron kontaminasi. Keunggulan AAA terletak pada keseimbangan antara akurasi perhitungan dan efisiensi waktu komputasi, sehingga banyak diaplikasikan pada perencanaan radioterapi modern,

termasuk IMRT. Meskipun demikian, beberapa studi melaporkan bahwa pada kondisi tertentu, khususnya pada daerah dengan heterogenitas jaringan dan kompleksitas geometri target, algoritma AAA masih dapat menunjukkan deviasi perhitungan dosis sehingga memerlukan evaluasi lebih lanjut untuk memastikan kesesuaiannya dengan kondisi klinis nyata (Fogliata dkk., 2011).

Untuk memastikan akurasi hasil perhitungan TPS, dilakukan prosedur *Patient Specific Quality Assurance* (PSQA). PSQA merupakan bagian penting dari program jaminan mutu radioterapi yang bertujuan memastikan kesesuaian antara distribusi dosis hasil perhitungan TPS dan dosis yang direalisasikan oleh sistem penyinaran. Evaluasi PSQA umumnya dilakukan menggunakan analisis *gamma index*, yang mengombinasikan kriteria perbedaan dosis dan kesesuaian spasial, dengan standar keberterimaan  $\geq 95\%$  pada kriteria 3%/3 mm sesuai rekomendasi American Association of Physicists in Medicine Task Group 218 (Miften dkk., 2018).

Salah satu perangkat yang semakin luas digunakan dalam pelaksanaan PSQA adalah *Electronic Portal Imaging Device* (EPID). Awalnya dikembangkan sebagai sistem verifikasi posisi pasien, EPID kini dimanfaatkan sebagai detektor dosimetri karena memiliki keunggulan berupa integrasi penuh dengan LINAC, resolusi spasial tinggi, serta efisiensi waktu akuisisi data. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa EPID mampu memberikan hasil verifikasi dosis IMRT yang sebanding dengan sistem dosimetri konvensional seperti *ion chamber array*, sekaligus menawarkan efisiensi operasional yang lebih baik (Greer dkk., 2020).

Sejumlah penelitian terdahulu telah mengkaji akurasi algoritma AAA dan penerapan PSQA dalam radioterapi. Penelitian oleh Ahmad dkk. (2023) melakukan verifikasi dosimetri algoritma AAA pada *Treatment Planning System Eclipse* menggunakan variasi konfigurasi *Multileaf Collimator* dengan pengukuran dosis titik pada fantom menggunakan *ionization chamber*. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa deviasi dosis berada dalam batas toleransi klinis, sehingga algoritma AAA dinyatakan akurat secara dosimetri dasar. Namun, penelitian tersebut dilakukan pada kondisi fantom dan belum mengevaluasi kualitas distribusi

dosis klinis pada pasien, khususnya dalam konteks perencanaan IMRT kanker serviks serta belum melibatkan verifikasi distribusi dosis dua dimensi menggunakan EPID dan analisis *gamma index*.

Penelitian lain oleh Fadli (2017) melaporkan kesesuaian yang baik antara dosis terhitung dan dosis terukur menggunakan algoritma AAA berdasarkan analisis *gamma index*, namun evaluasi dilakukan pada fantom dan belum menilai kualitas distribusi dosis klinis berbasis *Dose Volume Histogram*. Sementara itu, Iqbal (2022) mengevaluasi verifikasi dosis IMRT pada pasien kanker serviks menggunakan EPID dan menunjukkan *gamma passing rate* yang tinggi pada kriteria 3%/3 mm, tetapi belum mengkaji kualitas perencanaan dosis dari sisi konformitas dan homogenitas distribusi dosis pada PTV maupun evaluasi dosis pada OAR. Penelitian oleh Fauzan (2023) lebih menitikberatkan pada evaluasi *delivery accuracy* menggunakan pendekatan *log-file* dan perbandingan algoritma, tanpa mengintegrasikan analisis kualitas distribusi dosis klinis dan sensitivitas terhadap variasi kriteria *gamma index*.

Berdasarkan telaah terhadap penelitian-penelitian terdahulu tersebut, dapat disimpulkan bahwa meskipun algoritma AAA telah banyak dievaluasi baik secara dosimetri dasar maupun melalui verifikasi PSQA, sebagian besar penelitian masih memisahkan antara evaluasi kualitas distribusi dosis klinis dan verifikasi kesesuaian dosis antara TPS dan hasil pengukuran. Selain itu, penggunaan satu kriteria *gamma index* masih mendominasi penelitian sebelumnya, sehingga sensitivitas hasil verifikasi terhadap perubahan kriteria evaluasi belum dikaji secara sistematis, khususnya dalam konteks perencanaan IMRT kanker serviks.

Oleh karena itu, penelitian ini menjadi penting untuk dilakukan dengan mengintegrasikan evaluasi kualitas distribusi dosis perencanaan IMRT kanker serviks menggunakan parameter dosimetri berbasis *Dose Volume Histogram* pada PTV dan OAR, serta verifikasi kesesuaian dosis menggunakan PSQA berbasis EPID dengan penerapan lebih dari satu kriteria *gamma index*. Pendekatan ini diharapkan mampu memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai akurasi algoritma AAA, sensitivitas kriteria evaluasi *gamma index*, serta

implikasinya terhadap mutu dan keselamatan pelaksanaan radioterapi IMRT kanker serviks dalam praktik klinis.

## **1.2 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Menganalisis kualitas distribusi dosis pada perencanaan *Intensity Modulated Radiation Therapy* (IMRT) kanker serviks menggunakan algoritma *Analytical Anisotropic Algorithm* (AAA) berdasarkan parameter dosimetri berbasis *dose volume histogram* pada *Planning Target Volume* (PTV) dan *organ at risk* (OAR).
2. Memverifikasi kesesuaian distribusi dosis antara hasil perhitungan *Treatment Planning System* dan hasil pengukuran dosis melalui prosedur *Patient Specific Quality Assurance* berbasis *Electronic Portal Imaging Device*.
3. Mengevaluasi pengaruh perbedaan kriteria *gamma index* 3%/3 mm dan 3%/2 mm terhadap hasil verifikasi distribusi dosis dalam menilai akurasi perencanaan IMRT kanker serviks.

## **1.3 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini, yaitu:

1. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam bidang fisika medis, khususnya terkait evaluasi kualitas dan kesesuaian perencanaan dosis radioterapi kanker serviks menggunakan algoritma *Analytical Anisotropic Algorithm* (AAA).
2. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam proses verifikasi perencanaan dosis radioterapi melalui pemanfaatan *Electronic Portal Imaging Device* (EPID) sebagai bagian dari evaluasi *Patient Specific Quality Assurance* (PSQA).
3. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar pertimbangan dalam penerapan prosedur *Patient Specific Quality Assurance* (PSQA) yang lebih efektif dan terintegrasi dengan sistem perencanaan radioterapi, sehingga

mendukung peningkatan mutu layanan dan keselamatan pasien di instalasi radioterapi.