

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Radioterapi merupakan salah satu metode penting dalam pengobatan kanker yang memanfaatkan zat radioaktif terbungkus dan/atau alat pembangkit radiasi pengion untuk mematikan sel kanker tanpa melalui tindakan pembedahan (Webster, 2025). Salah satu perangkat yang banyak digunakan dalam radioterapi adalah *linear accelerator* (LINAC), yaitu pesawat yang mampu menghasilkan berkas foton dan elektron berenergi tinggi. Dalam penerapannya, ketepatan dosis radiasi yang dihasilkan LINAC harus dijaga dengan sangat baik agar sel kanker dapat dihancurkan secara efektif tanpa menimbulkan kerusakan yang berlebihan pada jaringan atau organ sehat di sekitarnya (Hoppe et al., 2010). Oleh karena itu, ketelitian dalam dosimetri menjadi komponen yang sangat penting dalam praktik radioterapi.

Keberhasilan radioterapi sangat bergantung pada kesesuaian antara dosis yang direncanakan dan dosis yang benar-benar diberikan kepada pasien. Apabila dosis yang diterima lebih rendah dari yang seharusnya, efektivitas terapi dapat menurun, sedangkan dosis yang terlalu tinggi dapat meningkatkan risiko kerusakan jaringan normal. Untuk itu, *International Commission on Radiation Units and Measurements* (ICRU) merekomendasikan agar ketidakpastian total dosis pada target terapi tidak melebihi $\pm 5\%$. Agar ketentuan tersebut dapat dipenuhi, seluruh proses pengukuran dosis, termasuk penentuan dosis absolut dan kalibrasi detektor, harus dilakukan secara teliti dan tertelusur.

Salah satu alat yang digunakan untuk menjamin ketepatan pengukuran dosis adalah dosimeter. Dosimeter merupakan perangkat, instrumen, atau sistem yang dipakai untuk mengukur ataupun mengevaluasi besaran radiasi, baik secara langsung maupun tidak langsung, seperti paparan, kerma, dosis serap, dosis ekuivalen, maupun besaran lain yang berkaitan dengan radiasi pengion (Sharma, 2019). Dalam bidang radioterapi, dosimeter harus mampu memberikan informasi yang akurat mengenai dosis serap ke air pada titik tertentu, karena air digunakan

sebagai medium acuan yang sifatnya mendekati jaringan tubuh manusia. Dengan demikian, keakuratan, konsistensi, dan ketertelusuran hasil pengukuran menjadi sangat penting, sebab keberhasilan terapi radiasi sangat dipengaruhi oleh ketepatan dosis yang diberikan (IAEA, 2009).

Jenis dosimeter yang paling banyak digunakan dalam radioterapi adalah bilik ionisasi tipe *cylindrical* dan *plane-parallel* (Polaczek-Grelik et al., 2021). Untuk berkas elektron, bilik ionisasi *plane-parallel* umumnya direkomendasikan sebagai detektor referensi, khususnya pada energi rendah, karena memiliki geometri yang lebih sesuai untuk daerah dengan gradien dosis tinggi. Sementara itu, detektor Farmer yang berbentuk *cylindrical* lebih sering digunakan pada dosimetri foton, tetapi masih dapat dimanfaatkan pada berkas elektron melalui prosedur kalibrasi silang yang benar.

Seiring berkembangnya penelitian, kalibrasi silang (*cross-calibration*) antar detektor menjadi sebuah metode penting ketika bilik ionisasi tidak memiliki kalibrasi langsung pada seluruh kualitas berkas. Yulinar et al. (2023) menunjukkan bahwa protokol kalibrasi termodifikasi berbasis TRS-398 dan TG-51 memberikan rasio dosis serap rata-rata masing-masing sebesar 1,004 dan 1,009, sehingga masih berada dalam batas toleransi yang dapat diterima. Temuan ini sejalan dengan Ban et al. (2025), yang melaporkan bahwa hasil kalibrasi silang berbasis TRS-398 dan TG-51 pada berkas elektron menghasilkan deviasi dosis yang tetap berada dalam ambang toleransi $\pm 2\%$, sehingga layak diterapkan secara klinis. Selain itu, Polaczek-Grelik et al. (2021) juga menegaskan bahwa akurasi koefisien kalibrasi silang pada bilik *plane-parallel* dipengaruhi oleh jenis bilik referensi, energi berkas, dan posisi titik ukur efektif, dengan presisi rekonstruksi dosis sekitar 0,1–0,5% pada berkas elektron energi rendah hingga menengah. Secara keseluruhan, hasil-hasil tersebut menunjukkan bahwa kalibrasi silang merupakan pendekatan yang andal untuk mendukung ketelitian dosimetri elektron, khususnya pada kondisi ketika kalibrasi langsung tidak tersedia.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dilakukan untuk Analisis faktor kalibrasi $N_{D,w,Q}$ detektor farmer pada berkas elektron dengan metode *cross calibration*.

1.2. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menghitung faktor kualitas berkas k_{Q,Q_0} berdasarkan nilai R_{50} melalui metode interpolasi sesuai dengan ketentuan dalam protokol TRS-398 dan menentukan nilai faktor kalibrasi $N_{D,w,Q}$ detektor Farmer pada energi elektron menggunakan metode kalibrasi silang.

1.3. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam bidang fisika medis, khususnya terkait penerapan protokol TRS-398 pada dosimetri berkas elektron. Secara praktis, hasil penelitian ini dapat menjadi referensi dalam evaluasi dosimetri absolut elektron pada LINAC, mendukung peningkatan akurasi dalam pelaksanaan *quality control* radioterapi, serta menjadi dasar dalam pengembangan prosedur kalibrasi yang berbasis pada parameter kualitas berkas.