

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Radioterapi adalah salah satu modalitas utama dalam pengobatan kanker, yang telah terbukti efektif dalam mengendalikan pertumbuhan sel ganas baik sebagai terapi utama maupun sebagai terapi adjuvan. Teknologi radioterapi telah mengalami perkembangan pesat dalam beberapa dekade terakhir, dengan peningkatan dalam aspek presisi, akurasi, dan keselamatan dosis yang diberikan kepada pasien. Salah satu perangkat yang sangat vital dalam praktik radioterapi eksternal adalah *Linear Accelerator* (LINAC). LINAC digunakan untuk menghasilkan sinar-X atau elektron berenergi tinggi yang difokuskan ke area target, dengan tujuan menghancurkan sel kanker sekaligus meminimalkan kerusakan pada jaringan sehat di sekitarnya.

Dalam menghasilkan radiasi, LINAC mengakselerasi elektron hingga energi tinggi, lalu mengarahkannya ke target logam untuk menghasilkan sinar-X melalui proses Bremsstrahlung. Energi sinar-X yang dihasilkan bervariasi, umumnya antara 4 MV hingga 18 MV. Energi 6 MV dan 10 MV merupakan dua jenis energi yang sering digunakan dalam praktik klinis karena memiliki karakteristik penetrasi yang sesuai untuk berbagai kedalaman jaringan tubuh manusia. Sinar 6 MV biasanya digunakan untuk target yang lebih dangkal, sementara sinar 10 MV lebih sesuai untuk target yang berada lebih dalam.

Kestabilan output LINAC dari hari ke hari menjadi aspek yang sangat krusial. Output yang dimaksud adalah laju dosis yang dihasilkan oleh mesin pada kondisi standar, biasanya dinyatakan dalam satuan cGy/monitor unit (MU). Kestabilan output sangat mempengaruhi ketepatan dosis yang diberikan kepada pasien. Penyimpangan kecil dari output nominal dapat menyebabkan *overdosage* atau *underdosage* yang berpotensi mengurangi efektivitas terapi atau bahkan meningkatkan risiko efek samping. Oleh karena itu, setiap

fasilitas radioterapi diwajibkan untuk melakukan pemantauan output LINAC secara rutin sebagai bagian dari *Quality Assurance* (QA).

Protokol QA, seperti yang direkomendasikan oleh *American Association of Physicists in Medicine* (AAPM) melalui dokumen TG-142, menetapkan bahwa variasi output LINAC harian seharusnya tidak melebihi $\pm 3\%$ dari nilai referensi. Untuk menjamin hal tersebut, dilakukan pengukuran harian output menggunakan detektor seperti *Ionization Chamber* atau solid-state detector, yang hasilnya dicatat secara sistematis. Namun demikian, metode evaluasi secara manual sering kali bersifat subjektif dan hanya mendeteksi penyimpangan saat nilai sudah melewati ambang batas.

Dalam konteks inilah analisis statistik, khususnya penggunaan *Trendline*, menjadi alat bantu yang sangat berguna. Dengan metode ini, data output harian dapat dianalisis secara kuantitatif untuk melihat kecenderungan (trend) dalam jangka waktu tertentu. *Trendline* dapat memperlihatkan pola peningkatan atau penurunan secara perlahan yang mungkin tidak terdeteksi dengan evaluasi biasa. Penggunaan analisis ini tidak hanya memberikan gambaran deskriptif, tetapi juga bisa memberikan dasar prediksi untuk potensi kerusakan alat atau kebutuhan kalibrasi ulang.

Beberapa studi sebelumnya telah menunjukkan pentingnya penggunaan pendekatan statistik dalam QA alat radioterapi. Misalnya, penelitian oleh Smith et al. (2018) menunjukkan bahwa *Trendline* linier pada data output harian LINAC mampu mendeteksi perubahan jangka panjang dengan sensitivitas yang lebih tinggi dibandingkan metode observasi langsung. Selain itu, analisis regresi memungkinkan perhitungan koefisien kemiringan (*Slope*) yang mencerminkan laju perubahan output, serta nilai koefisien determinasi (R^2) sebagai indikator kekonsistenan data terhadap model linier.

Secara fisika, kestabilan output LINAC dipengaruhi oleh berbagai faktor internal dan eksternal. Faktor internal meliputi kestabilan sumber daya listrik, kestabilan sistem RF (*radiofrequency*), performa magnet, serta keausan

komponen mekanis. Sementara faktor eksternal mencakup suhu dan kelembaban ruang, serta frekuensi penggunaan alat. Akumulasi dari faktor-faktor ini dapat menyebabkan deviasi kecil dari output harian yang, jika tidak dikontrol, akan berdampak signifikan dalam jangka panjang. Oleh karena itu, pemantauan berbasis data yang akurat dan terstruktur sangat diperlukan.

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan evaluasi terhadap kestabilan output harian LINAC 6 MV dan 10 MV di salah satu fasilitas radioterapi menggunakan pendekatan analisis statistik *Trendline*. Dengan mengumpulkan dan menganalisis data output harian selama periode waktu tertentu, diharapkan diperoleh informasi yang lebih mendalam tentang kecenderungan kestabilan alat. Hasil dari penelitian ini akan dibandingkan terhadap batas toleransi yang telah ditetapkan dalam protokol QA, sehingga dapat diketahui apakah alat bekerja dalam kondisi optimal atau memerlukan tindakan korektif.

Lebih lanjut, hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam pengembangan metode QA yang lebih canggih dan berbasis data. Pendekatan ini dapat diintegrasikan dalam sistem manajemen mutu rumah sakit atau fasilitas radioterapi, sehingga meningkatkan kualitas pelayanan dan keselamatan pasien. Selain itu, temuan dari penelitian ini dapat menjadi acuan untuk studi lebih lanjut mengenai korelasi antara kestabilan output dengan faktor lingkungan atau usia alat.

Sebagai kesimpulan, dalam era teknologi medis modern, penggunaan pendekatan statistik seperti *Trendline* dalam evaluasi performa alat medis sangat penting untuk menjamin kualitas dan akurasi pengobatan. Penelitian ini merupakan langkah konkret untuk mengintegrasikan ilmu fisika, analisis data, dan praktik klinis dalam upaya meningkatkan efektivitas dan keselamatan terapi radiasi. Oleh karena itu, evaluasi kestabilan output LINAC 6 MV dan 10 MV menggunakan analisis statistik *Trendline* menjadi topik yang relevan dan memiliki urgensi tinggi untuk dikaji secara mendalam.

1.2 Rumusan Masalah

Apakah output harian Linac 6 MV dan 10 MV menunjukkan kestabilan dalam periode waktu tertentu berdasarkan analisis *Trendline*?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengumpulkan dan mengolah data output harian Linac 6 MV dan 10 MV.
2. Menganalisis kestabilan output menggunakan *Trendline* linier dan *Moving Average*.
3. Menentukan apakah terjadi perubahan tren yang signifikan.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Memberikan data kuantitatif mengenai kestabilan output Linac.
2. Memberikan masukan kepada tim fisika medis dalam pengambilan keputusan QA.
3. Meningkatkan keselamatan dan efektivitas terapi radiasi.