

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Layanan radioterapi merupakan salah satu layanan unggulan RSUP Dr. Sardjito Yogyakarta yang dilengkapi dengan 3 *Linear Accelerator* (Linac) pabrikan dari Elekta. 2 linac diantaranya bertipe *Synergy Platform multi* dan *Single* energi, dan 1 linac bertipe Versa HD. Linac *Synergy Platform multi* energi dapat menghasilkan radiasi foton dengan energi 6 dan 10 MV dan radiasi elektron sebesar 6, 8, 10, 12, 15 dan 18 MeV. Sedangkan Linac *Synergy Platform Single energy* hanya menghasilkan energi foton sebesar 6 MV. Kedua linac *Synergy Platform* mempunyai kemampuan pengiriman dosis kepada pasien dengan teknik 3D *Conformal Radiation Therapy* (3DCRT) dan *Intensity Modulated Radiation Therapy* (IMRT). Selama proses instalasi dan *comissioning* Linac *Single energy Synergy Platform*, Radioterapi RSUP Dr. Sardjito sudah merencanakan untuk melakukan proses *beam matching* energi foton 6 MV *flattened beam* dengan linac *multi* energi *Synergy Platform*.

Proses *beam matching* dilakukan agar lebih efisien, terutama saat fisikawan medik membuat perencanaan radiasi untuk pasien. Saat Fisikawan Medik perencanaan perhitungan radiasi untuk pasien menggunakan foton dengan energi 6 MV, mereka tidak bingung memilih Linac yang akan digunakan. Hal ini karena masing-masing linac *Synergy Platform* telah melalui proses *beam matching* sebelumnya. Jika terjadi kerusakan pada salah satu linac *Synergy Platform* sehingga linac tidak bisa digunakan, maka pasien yang sedang menjalani radioterapi dengan foton 6 MV bisa langsung dipindahkan ke linac *Synergy Platform* lain yang masih baik. Pemindahan pasien tidak memerlukan perencanaan radiasi ulang di *Treatment Planning System/ TPS*, sehingga proses radioterapi pasien tidak terganggu akibat kerusakan pada linac.

Sjöström et al. (2009) menekankan bahwa *beam matching* pada pesawat linear accelerator (linac) diperlukan agar radiasi kepada pasien dapat dipindahkan pada linac lainnya tanpa diperlukan perubahan rencana terapi radiasi. Keseragaman karakteristik dosimetri antar linac menjadi syarat utama untuk mencapai fleksibilitas klinis tersebut. Namun, hasil penelitian terhadap delapan linac Varian iX menunjukkan bahwa meskipun seluruh mesin telah memenuhi kriteria *beam matching* dari pabrikan, ditemukan perbedaan dosimetri yang signifikan pada sebagian linac, khususnya pada berkas foton 15 MV, yang tidak terdeteksi pada proses *acceptance test*. Penelitian ini menyimpulkan bahwa kriteria *beam matching* dari vendor belum sepenuhnya menjamin kesesuaian dosimetri secara klinis. Oleh karena itu, evaluasi *beam matching* perlu melibatkan perbandingan antara hasil pengukuran dan perhitungan *Treatment Planning System* (TPS) dalam satuan dosis absolut. Pendekatan ini dinilai lebih aman untuk mencegah akumulasi kesalahan dosis dan memastikan bahwa beberapa linac dapat direpresentasikan oleh satu set data TPS selama perbedaan dosimetri masih berada dalam batas toleransi klinis yang dapat diterima.

Donmoon et al. (2020) melakukan studi *beam matching* pada dua pesawat linac Elekta dengan model dan merek yang identik (Infinity), yang dipasang dengan selang waktu dua tahun, dengan tujuan memungkinkan pertukaran pasien yang sedang menjalani radioterapi tanpa perlu dilakukan *replanning*. Setelah proses *beam matching* awal berdasarkan kriteria pabrikan, dilakukan evaluasi lanjutan terhadap berbagai parameter dosimetri, meliputi *output factor*, *head scatter factor*, *wedge transmission factor*, *percentage depth dose* (PDD), serta profil berkas foton dan elektron. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa perbedaan seluruh parameter dosimetri antar linac berada dalam kisaran $\pm 1\%$ atau lebih kecil, baik untuk berkas foton maupun elektron. Berdasarkan hasil tersebut, disimpulkan bahwa kedua linac dapat direpresentasikan oleh satu set data dosimetri dalam *Treatment Planning System* (TPS), sehingga pertukaran pasien antar mesin dapat dilakukan tanpa penyesuaian rencana terapi. Namun demikian, penelitian ini menekankan pentingnya pengujian ulang secara berkala sebagai bagian dari program jaminan mutu, serta perlunya melibatkan perbandingan antara hasil pengukuran dan

perhitungan TPS dalam satuan dosis absolut untuk memastikan kesesuaian klinis yang berkelanjutan.

Virag dan Ghemiş (2022) melakukan studi *intercomparison* terhadap delapan linac (7 Versa HD dan 1 Infinity) Elekta yang dikomisioning menggunakan program *Accelerated Go Live* (AGL) untuk mengevaluasi kesesuaian *beam matching*. Evaluasi dilakukan pada berkas foton 6 MV dan 10 MV dengan membandingkan parameter dosimetri utama, meliputi *percentage depth dose* (PDD), profil dosis, *output factor*, *flatness*, *symmetry*, dan *penumbra*, terhadap data referensi AGL. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa seluruh linac memiliki kesesuaian yang sangat baik, dengan deviasi PDD berada dalam 1%/1 mm, kesesuaian profil dosis dalam 2%/2 mm, serta perbedaan *output factor* rata-rata kurang dari 0,2%. Selain evaluasi parameter dosimetri dasar, verifikasi klinis dilakukan menggunakan pengujian IMRT dan VMAT berdasarkan protokol AAPM TG-119. Analisis gamma 3%/3 mm menunjukkan tingkat kelulusan di atas 95% untuk seluruh linac, yang menegaskan bahwa sistem AGL mampu menghasilkan *beam matching* yang konsisten secara klinis. Studi ini menyimpulkan bahwa linac yang telah *beam-matched* dengan pendekatan AGL dapat saling dipertukarkan untuk keperluan perencanaan dan pelaksanaan terapi tanpa perlu dilakukan *replanning*, serta mendukung efisiensi jaminan mutu di departemen radioterapi.

Goodall et al. (2022) mengevaluasi keseragaman pengantaran dosis (*delivery similarity*) pada sekelompok linac (Versa HD) yang telah *beam-matched* untuk aplikasi *stereotactic radiotherapy* (SBRT/SRS), sekaligus menilai kelayakan penerapan *distributive patient-specific quality assurance* (PSQA). Studi ini melibatkan 12 linac yang dikomisioning menggunakan model TPS yang sama, dengan evaluasi kesesuaian pengantaran dosis dilakukan melalui analisis gamma pada rencana SBRT menggunakan kriteria 3%/2 mm dan 3%/1 mm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar rencana memenuhi kriteria gamma yang ditetapkan, dengan tingkat kelulusan yang tinggi dan variasi antar linac yang relatif kecil, sehingga menunjukkan kesesuaian pengantaran dosis yang baik antar mesin. Lebih lanjut, penelitian ini menunjukkan bahwa variasi nilai gamma antar linac

lebih dipengaruhi oleh karakteristik rencana dan lokasi pengukuran detektor dibandingkan perbedaan intrinsik antar mesin. Berdasarkan hasil tersebut, penulis menyimpulkan bahwa pada sistem linac yang telah *beam-matched* dengan baik, pendekatan *distributive PSQA* layak diterapkan untuk radioterapi stereotaktik, karena mampu mempertahankan tingkat keamanan klinis sekaligus meningkatkan efisiensi alur kerja jaminan mutu tanpa mengurangi keandalan verifikasi dosis pasien.

Ghemış et al. (2023) melakukan studi multi-institusi untuk mengevaluasi kesesuaian *beam matching* pada tiga Linac Elekta (Versa HD dan Infinity) dari tiga klinik berbeda dengan membandingkan karakteristik dosimetri berkas foton 6 MV *flattened filter* (FF) dan *flattening filter free* (FFF). Evaluasi dilakukan terhadap parameter dosimetri utama, meliputi *percentage depth dose* (PDD), profil dosis, kedalaman dosis maksimum (*dmax*), *flatness/unflatness*, *symmetry*, *penumbra*, dan *output factor*, menggunakan analisis gamma satu dimensi dengan kriteria ketat 1%/1 mm. Hasil penelitian menunjukkan tingkat kelulusan gamma sebesar 96,3% untuk profil dosis dan 100% untuk PDD, serta kesesuaian yang baik seluruh parameter dosimetri terhadap data referensi, baik untuk berkas FF maupun FFF. Selain evaluasi dosimetri dasar, dilakukan pula verifikasi klinis melalui perbandingan rencana stereotaktik IMRT dan VMAT yang dihitung pada tiga sistem TPS berbeda. Perbedaan dosis maksimum pada PTV menunjukkan deviasi standar maksimum sebesar 0,48 Gy, sedangkan dosis pada organ risiko menunjukkan deviasi maksimum sebesar 0,1 Gy. Hasil ini menegaskan bahwa linac yang telah *beam-matched* menunjukkan kesetaraan dosimetri yang tinggi, sehingga memungkinkan pertukaran pasien antar linac tanpa memerlukan *replanning*, termasuk untuk aplikasi stereotaktik yang menggunakan berkas FFF.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi sejauh mana kesesuaian atau kecocokan antara *Beam Matching* Linac Elekta Synergy Platform yang dilakukan oleh vendor selama proses instalasi, komisioning, serta pengujian keberterimaan alat atau *Customer Acceptance Test* (CAT). Selain itu, proses verifikasi *Beam Matching* yang dilakukan oleh pihak instalatir hanya melakukan pengukuran PDD

pada lapangan radiasi ukuran $10 \times 10 \text{ cm}^2$. Proses evaluasi *Beam Matching* akan memberikan dampak langsung yang sangat besar terhadap kualitas radiasi yang diberikan ke pasien radioterapi.

1.2 Tujuan

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan di atas, tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1 Membandingkan karakteristik dosimetri Linac seperti *Percentage Depth Dose* (PDD), *Beam Profile* (*Flatness* dan *Symmetry*), *Output Factor* dan *Output Absolut* energi 6 MV berkas foton *Flattening Filter* dari 2 Linac identik yang sudah dilakukan *Beam Matched*.
- 2 Melakukan validasi hasil *beam matching* menggunakan metode *pre-treatment specific* QA untuk *planning 3D Conformal Radiation Therapy* (3DCRT) dan *Intensity Modulated Radiation Therapy* (IMRT).

1.3 Manfaat

Berdasarkan tujuan yang telah dikemukakan di atas, maka didapatkan manfaat penelitian ini sebagai berikut :

- 1 Penelitian dilakukan agar bisa mengevaluasi hasil *Beam Matching* yang selama ini dilakukan ketika proses instalasi pesawat *Linac* dan sudah diterapkan dalam pelayanan Radioterapi.
- 2 Penelitian dilakukan agar dapat melakukan optimasi pelayanan radioterapi sehingga akan lebih bermanfaat besar kepada pasien sehingga menunjang keberhasilan pelayanan radioterapi.