

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kanker adalah salah satu penyebab utama kematian di dunia. Kanker masih menjadi masalah kesehatan global yang serius dan tercatat sebagai salah satu penyumbang angka kematian tertinggi di dunia. Berdasarkan data *International Agency for Research on Cancer* (IARC) diketahui bahwa pada tahun 2020 terdapat 19.292.789 kasus baru kanker dan 9.958.133 kematian akibat kanker di seluruh dunia (Herawati et al., 2021). Data Globocan lain juga menerangkan bahwa terdapat 18,1 juta kasus baru dengan angka kematian 9,6 juta di tahun 2018, dimana 1 dari 5 pria dan 1 dari 6 wanita di dunia mengidap kanker. (Kementrian Kesehatan RI, 2019) (Tesyia Agustin, 2020)

Kanker payudara menempati angka kejadian tertinggi untuk perempuan yaitu sebesar 42,1 per 100.000 penduduk dengan rata-rata kematian 17 per 100.000 penduduk (Husni et al., 2021). Kanker payudara (*carcinoma mammae*) merupakan suatu keganasan yang berasal dari jaringan payudara sehat dari epitel duktus maupun lobulusnya. Kanker payudara terjadi karena kondisi sel yang telah kehilangan pengendalian dan mekanisme normalnya, sehingga mengalami pertumbuhan yang tidak normal, cepat serta tidak terkendali. Data Globocan tahun 2020, jumlah kasus baru kanker payudara mencapai 68.858 kasus (16,6%) dari total 396.914 kasus baru kanker di Indonesia. Sementara itu, untuk jumlah kematiannya mencapai lebih dari 22 ribu jiwa kasus (Deviarbi Sakke Tira et al., 2025). Beberapa pengobatan yang dapat dilakukan pada penderita kanker payudara sinistra yaitu menggunakan pembedahan, kemoterapi, dan radioterapi (Syafna et al., 2024).

Radioterapi adalah metode pengobatan kanker dengan memanfaatkan radiasi pengion untuk membunuh target, prinsipnya adalah memberikan dosis yang cukup ke volume target dengan tetap meminimalkan dosis pada *Organ at Risk* (OAR) (Koukourakis & Touloupidis, 2006) (Syafna et al., 2024). Tujuan dari radioterapi adalah untuk mematikan sel-sel kanker sebanyak mungkin dan sesedikit mungkin memberi efek negatif pada jaringan sehat di sekitarnya (Saputri et al., 2025). Pesawat radioterapi yang umum digunakan dalam terapi kanker adalah Pesawat Radioterapi *Linear Accelerator* (LINAC) (Wang N. Wu, Z., dkk 2023) (Saputri et al., 2025).

Pesawat LINAC merupakan alat pemercepat elektron secara linear berenergi tinggi yang dapat menghasilkan berkas elektron dan foton. Secara fisis, pesawat LINAC bekerja dengan mempercepat elektron menggunakan gelombang radiofrekuensi untuk menumbuk target logam berat, menghasilkan foton sinar-X berenergi tinggi melalui mekanisme Bremsstrahlung yang kemudian berinteraksi dengan jaringan kanker dominan melalui efek Hamburan Compton. Elektron berenergi tinggi tersebut dapat dimanfaatkan untuk pengobatan kanker pada kedalaman yang dangkal atau dapat mengobati kanker pada kedalaman yang cukup jauh dengan menembakkan elektron pada target sehingga menghasilkan foton.

Pesawat terapi LINAC memiliki beberapa teknik penyinaran salah satunya *Intensity Modulated Radiation Therapy* (IMRT) (Husni et al., 2021). Untuk memastikan berkas radiasi tersebut dapat diarahkan secara tepat sesuai lokasi dan karakteristik tumor, diperlukan tahap perencanaan yang dilakukan melalui sistem khusus, yaitu *Treatment Planning System* (TPS).

TPS merupakan suatu bentuk perencanaan yang dilakukan pada pasien sebelum diberikan perlakuan radioterapi yang dimana prinsip kerja dari TPS yaitu menggunakan sistem komputer untuk perancangan pengobatan menggunakan radiasi dengan mengatur parameter seperti dosis radiasi, energi radiasi, besar sudut gantry, luas lapangan, dan *Monitor Units* (MU) (Daniartie Y. E., dkk 2022) (Rahmawati et al., 2023). Sistem TPS pada LINAC salah satunya menggunakan Teknik *Intensity Modulated Radiation Therapy* (IMRT), IMRT menggunakan banyak lapangan radiasi dengan intensitas yang berbeda di setiap arah lapangan penyinaran (Saputri et al., 2025). Optimasi IMRT merupakan proses yang kompleks dan perlu dilakukan secara berulang untuk mencapai tujuan yang diinginkan. Hal ini membutuhkan pemilihan energi pancaran, jumlah segmen dan tingkat intensitas yang tepat. Teknik IMRT memiliki dua jenis pergerakan MLC yaitu MLC dinamis (*window slide*) dan MLC statis. Pada MLC dinamis sistemnya bergerak kontinu selama radiasi berlangsung pada setiap arah sudut gantry. Metode ini menghasilkan profil intensitas radiasi yang lebih halus dan waktu penyinaran radiasi yang lebih singkat. Sedangkan MLC statis (*step and shot*), pada metode ini MLC bergerak membentuk segmen ketika radiasi berhenti dan MLC berhenti selama radiasi berlangsung, begitu seterusnya untuk masing-masing sudut gantry (Saputri et al., 2025).

Dalam (Saputri et al., 2025) arah sudut penyinaran adalah sudut dari mana alat LINAC memancarkan sinar radiasi ke tubuh pasien. Arah sudut penyinaran adalah komponen pada LINAC yang berfungsi memutar kepala mesin di sekitar pasien, sehingga memungkinkan sinar radiasi diarahkan dari berbagai sudut yang berbeda sesuai kebutuhan perawatan. Pilihan sudut atau arah penyinaran berdampak signifikan mempengaruhi distribusi dosis radiasi dalam prosedur radioterapi. Sudut arah penyinaran yang berbeda dapat memberikan variasi dalam cara radiasi mencapai target (tumor) dan jaringan sekitarnya, serta mempengaruhi efektivitas terapi (Bijman, 2021).

Kompleksitas karakteristik tumor seperti lokasi, ukuran, dan tingkat keganasan menuntut strategi perencanaan radioterapi yang cermat guna memastikan akurasi pengobatan pada sistem perencanaan. Proses ini meliputi pembuatan kontur organ untuk menentukan target radiasi, mengatur *beam display* yang digunakan untuk menentukan sudut penyinaran ke pasien, serta menentukan dosis yang didistribusikan ke target (Wulandari et al., 2021). Hasil dari plot *Dose Volume Histogram* (DVH) yang menunjukkan distribusi dosis radiasi ke setiap target. Ada dua jenis target dalam TPS yakni *Planning Target Volume* (PTV) sebagai fokus utama kanker dan Organ At Risk (OAR) organ sehat di sekitar kanker yang berisiko terkena radias (Deviarbi Sakke Tira et al., 2025). Histogram dosis yang diperoleh dalam perencanaan radioterapi ditampilkan dalam bentuk kurva *Dose Volume*

Histogram (DVH). Evaluasi dari kurva DVH umumnya menggunakan parameter *Conformity Index* (CI) untuk menilai kesesuaian distribusi dosis dengan bentuk target, *Homogeneity Index* (HI) untuk mengukur keseragaman dosis dalam volume target, serta dosis yang diterima organ di sekitar target atau *Organ at Risk* (OAR), sebagaimana direkomendasikan dalam ICRU Report 83 (2010) (Eri Puspita Sari et al., 2024). Kemudian untuk dosis PTV dikaitkan dengan prinsip optimasi, yaitu dosis yang diberikan kepada target harus dioptimalkan. Dosis radiasi yang diterima PTV diatur menurut ketentuan ICRU 62 yang menetapkan dosis optimal PTV antara 95% dan 107%. Pada saat yang sama, dosis yang diterima oleh organ sehat harus diminimalkan sesuai prinsip pembatasan (Elvira et al., 2021). QUANTEC adalah pedoman yang diterbitkan oleh *International Society of Radiation Oncology* yang menetapkan batas dosis aman untuk organ sehat. Dalam kasus kanker payudara, QUANTEC menetapkan dosis yang dapat ditoleransi jantung sebesar 25 Gy <10% (Fardela et al., 2024).

Penelitian sebelumnya yang dilakukan Saputri dkk. (2025), menganalisis nilai *Conformity Index* (CI) dan *Homogeneity Index* (HI) pada hasil perencanaan penyinaran pasien kanker otak dengan teknik *Intensity Modulated Radiation Therapy* (IMRT) menggunakan variasi jumlah sudut gantry 4, 5, dan 6 arah di RSUP Prof. Dr. I G. N. G. Ngoerah Denpasar dengan 30 sampel pasien. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai rata-rata HI untuk variasi 4, 5, dan 6 sudut gantry berturut-turut adalah 0,118; 0,116; dan 0,108, sedangkan nilai rata-rata CI diperoleh sebesar 0,986; 0,975; dan 0,974. Seluruh nilai HI masih berada dalam batas toleransi ICRU 83 (0 – 0,3) dan nilai CI mendekati kriteria ideal yaitu 1, sehingga dapat disimpulkan bahwa distribusi dosis yang dihasilkan pada seluruh variasi gantry menunjukkan keseragaman dosis yang baik dan kesesuaian dengan target volume penyinaran (Saputri et al., 2025).

Penelitian yang dilakukan Ding dkk. (2024) berfokus pada pengembangan metode dengan memvariasikan sudut gantry untuk meningkatkan robustness dari rencana penyinaran terhadap kemungkinan terjadinya kesalahan posisi pasien. Dalam penelitian tersebut dilakukan analisis terhadap distribusi dosis yang dihasilkan dengan membandingkan berbagai konfigurasi sudut gantry. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa metode pemilihan sudut gantry yang diusulkan mampu menghasilkan nilai *Conformity Index* (CI) dan *Homogeneity Index* (HI) yang lebih stabil dibandingkan dengan metode konvensional, bahkan ketika terdapat variasi posisi pasien. Stabilitas nilai CI yang tetap mendekati 1 menunjukkan bahwa distribusi dosis sesuai dengan bentuk target (PTV), sedangkan nilai HI yang rendah memperlihatkan bahwa sebaran dosis dalam target tetap homogen. Dengan demikian, penelitian ini menyimpulkan bahwa optimalisasi pemilihan sudut gantry tidak hanya meningkatkan kualitas distribusi dosis, tetapi juga mampu menjaga keandalan rencana penyinaran dalam kondisi klinis yang dinamis (Ding et al., 2024).

Berdasarkan penelitian sebelumnya, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh variasi arah penyinaran terhadap distribusi dosis pada pasien kanker payudara sinistra yang menjalani radioterapi menggunakan teknik *Intensity Modulated Radiation Therapy* (IMRT). Evaluasi dilakukan dengan

memanfaatkan kurva *Dose Volume Histogram* (DVH) untuk memperoleh nilai *Conformity Index* (CI), *Homogeneity Index* (HI), serta dosis maksimum dan rata-rata yang diterima oleh *Planning Target Volume* (PTV) dan *Organ At Risk* (OAR) seperti jantung, paru-paru, dan *Spinal Cord* (sumsum tulang belakang). Penelitian ini bertujuan untuk menilai sejauh mana variasi arah penyinaran memengaruhi kualitas distribusi dosis, serta membandingkannya dengan standar batas toleransi dalam pedoman klinis. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan yang lebih mendalam mengenai efektivitas pengaturan sudut gantry dan rotasi kolimator dalam meminimalkan dosis pada organ risiko, sehingga meningkatkan keamanan dan kualitas terapi pada pasien kanker payudara sinistra.

1.2. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini , yaitu :

1. Menganalisis pengaruh variasi arah penyinaran terhadap distribusi dosis PTV pada kasus kanker payudara sinistra dengan Teknik IMRT.
2. Menganalisis variasi arah penyinaran terhadap distribusi dosis organ sehat pada kasus kanker payudara sinistra dengan teknik IMRT.
3. Menganalisis variasi arah penyinaran terhadap nilai *Conformity Index* (CI), *Homogeneity Index* (HI) berdasarkan distribusi dosis PTV.

1.3. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam bidang radioterapi kanker payudara sinistra pasca mastektomi, khususnya dalam penerapan teknik IMRT. Secara khusus, manfaat penelitian ini adalah:

1. Menyediakan data kuantitatif mengenai distribusi dosis pada *Planning Target Volume* (PTV) untuk meningkatkan akurasi dan efektivitas perencanaan radioterapi kanker payudara sinistra.
2. Menyajikan informasi penting terkait pengurangan dosis radiasi pada *Organ at Risk* (OAR), terutama jantung untuk mendukung penerapan terapi yang lebih aman sesuai pedoman QUANTEC.
3. Memberikan evaluasi menyeluruh mengenai kesesuaian nilai *Homogeneity Index* (HI) dan *Conformity Index* (CI) dengan standar ICRU, sehingga dapat menjadi indikator kualitas perencanaan penyinaran.

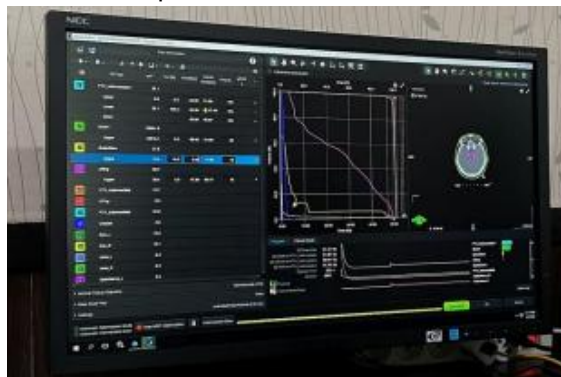
BAB II METODE PENELITIAN

2.1. Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di Rumah Sakit TK II Pelamonia Makassar pada Instalasi Radioterapi. Penelitian ini dilakukan dengan mengumpulkan data pada bulan 27 Oktober sampai dengan 27 Desember 2025.

2.2. Bahan dan Alat

Pada penelitian ini alat yang digunakan yaitu komputer *workstation* yang terintegrasi dengan perangkat lunak *Treatment Planning System* (TPS) dengan *software* TPS *Eclipse* tipe *Eclipse Calc Workstation* yang dilengkapi dengan sistem perencanaan terapi untuk memfasilitasi perencanaan terapi dan perhitungan dosis, tabel QUANTEC yang digunakan untuk mengetahui ambang dosis maksimum yang diperbolehkan OAR, serta *microsoft excel* untuk pengolahan dan visualisasi data. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah data rekam medis pasien.



Gambar 1. Komputer TPS

2.3. Metode Penelitian

Berdasarkan pengumpulan data, diperoleh kriteria sampel penelitian yang dikelompokkan menurut jenis kelamin dan kategori umur sebagaimana ditampilkan dalam tabel berikut:

Tabel 1. Kriteria Sampel Penelitian

NO	Kategori	Kriteria/Detail	Jumlah (Pasien)
1	Jenis Kelamin	Perempuan	10
2	Rentang Usia	20 – 30 Tahun	0
		31 – 40 Tahun	2
		41 – 50 Tahun	2

		51 – 60 Tahun	6
3	Diagnosis Klinis	<i>Post-Mastektomi Ca. Mammæ Sinistra</i>	10
4	Dosis	50 Gy (25 Fraksi x 2 Gy)	10
5	Energi	Foton 6 MV	10
6	Lapangan Penyinaran	10 x 10 cm	10

Pengambilan data dalam penelitian ini dilakukan secara retrospektif dari rekam medis sebanyak 10 pasien dengan penyakit kanker payudara sinistra yang direncanakan untuk mendapatkan radioterapi menggunakan teknik *Intensity Modulated Radiation Therapy* (IMRT) di Rumah Sakit TK.II Pelamonia. Data yang digunakan berupa hasil CT Simulator dan data *contouring* awal pasien. Berdasarkan data tersebut, peneliti melakukan *re-planning* perencanaan radioterapi menggunakan *Treatment Planning System* (TPS) dengan memvariasikan jumlah arah penyinaran, yaitu 7 arah, 8 arah, dan 9 arah. Pasien yang digunakan dalam penelitian ini dipilih berdasarkan kriteria inklusi, yaitu pasien dengan diagnosis kanker payudara sinistra yang telah menjalani operasi pengangkatan payudara dan di planning menggunakan teknik IMRT, serta memiliki data CT Simulator yang lengkap. Seluruh identitas pasien dalam data penelitian ini telah disamarkan menggunakan kode inisial yaitu AI, RI, NR, FA, SA, ER, HD, TA, UR, RC untuk menjamin kerahasiaan data medis subjek. Adapun kriteria eksklusi dalam penelitian ini meliputi data pasien yang memiliki artefak signifikan yaitu kondisi anatomi yang terlalu ekstrem atau berbeda jauh dari rata-rata pasien lainnya, yang akan membuat hasil perencanaan dosis menjadi sangat buruk atau sulit dibandingkan secara adil pada citra CT-Simulator yang dapat memengaruhi akurasi perhitungan dosis, pasien dengan riwayat radiasi sebelumnya pada area toraks (re-irradiasi), serta pasien dengan diagnosis kanker payudara bilateral atau metastasis luas yang menyebabkan geometri target volume menyimpang secara signifikan dari populasi sampel standar.

Pembuatan *Treatment Planning System* (TPS) diawali dengan pemanfaatan citra hasil CT Simulator untuk melakukan delineasi *Clinical Target Volume* (CTV), *Planning Target Volume* (PTV), serta *Organ at Risk* (OAR) yang meliputi jantung, paru-paru kiri dan kanan, dan spinal cord. Selanjutnya dilakukan pengaturan arah berkas radiasi sesuai dengan variasi arah penyinaran yang diteliti, yaitu 7, 8, dan 9 arah dengan penyesuaian arah sudut penyinaran berdasarkan anatomi masing-masing pasien. Pengaturan arah datangnya sinar radiasi dalam penelitian ini disusun menggunakan cara yang sistematis agar hasil perbandingan yang didapatkan benar-benar adil dan akurat. Proses perancangan tidak dilakukan secara terpisah untuk setiap variasi, melainkan diterapkan melalui metode pengurangan bertahap dari jumlah arah yang paling banyak menuju ke jumlah yang paling sedikit. Langkah awal dimulai dengan menyusun rencana penyinaran yang paling lengkap terlebih dahulu, yakni teknik IMRT dengan konfigurasi 9 arah (sudut *gantry*). Rencana 9 arah ini kemudian ditetapkan sebagai rencana acuan dasarnya. Penetapan ini bertujuan untuk memastikan bahwa titik pusat penyinaran (*isocenter*)

dan posisi geometri pasien sudah terkunci dengan tepat sejak awal proses. Setelah rencana 9 arah selesai terbentuk, pembuatan variasi untuk 8 arah dan 7 arah tidak dilakukan dari nol kembali. Alasannya adalah untuk mencegah munculnya pergeseran kecil atau perbedaan pengaturan yang tidak disengaja antar rencana. Oleh karena itu, untuk menghasilkan variasi 8 arah, rencana 9 arah yang sudah ada cukup disalin atau diduplikasi, kemudian satu sudut yang tidak diperlukan dihapus sesuai dengan desain penelitian. Demikian pula untuk membentuk variasi 7 arah, salinan dari rencana utama diambil kembali, lalu dilakukan penghapusan sudut tertentu hingga tersisa 7 arah saja. Setiap perencanaan diberikan dosis total sebesar 50 Gy dalam 25 kali fraksi. Proses optimasi dilakukan hingga diperoleh distribusi dosis yang optimal pada PTV sesuai dengan kriteria ICRU Report 62, yaitu minimal 95% dari dosis resep diterima oleh PTV dan tidak melebihi 107%, serta dosis pada OAR tetap berada di bawah batas toleransi organ berdasarkan pedoman QUANTEC.

Tabel 2. Parameter evaluasi pada penelitian berdasarkan kriteria dosis QUANTEC

Struktur	Parameter	Objektif
PTV	PTV ₉₅	> 95%
	PTV ₁₀₇	< 2%
	<i>Homogeneity Index (HI)</i>	= 0
	<i>Conformity Index (CI)</i>	= 1
Paru Kiri	V20 Gy	< 30%
	D _{mean}	27 Gy
Paru Kanan	V20 Gy	< 30%
	D _{mean}	27 Gy
Jantung	V25	< 10%
	D _{mean}	< 26 Gy
<i>Spinal Cord</i>	D _{max}	50 Gy

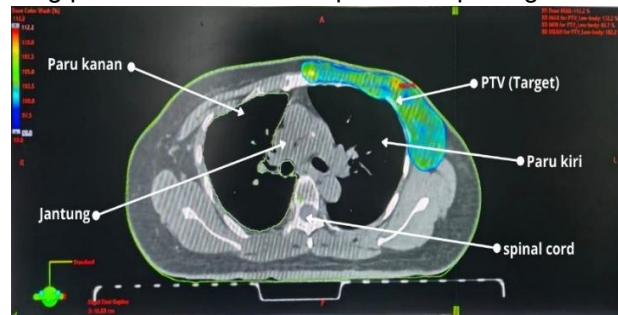
2.4 Analisis dosis yang diterima PTV

Planning Target Volume (PTV) dilakukan melalui analisis berdasarkan variasi rotasi kolimator dan sudut gantry yang digunakan dalam perencanaan IMRT. Proses analisis dilakukan dengan melihat hasil dari kurva *Dose Volume Histogram* (DVH) sehingga diketahui dosis radiasi pada volume kanker total, volume target klinis, volume target pada perencanaan, dan dosis pada organ-organ penting di sekitar kanker ("BAPETEN" 2013) (Husni et al., 2021). Pemenuhan dosis PTV diatur menurut ICRU Report 62 yaitu (95-107%) yang artinya targetnya adalah setidaknya 95% volume PTV menerima 95% dari dosis serap dan kurang dari 2% volume PTV menerima dosis < 107% dari dosis yang ditentukan (Putu et al., 2020).

2.5 Analisis Organ At Risk (OAR)

Dalam perencanaan radioterapi kanker payudara, pemahaman mengenai anatomi potongan melintang (*axial*) sangat krusial karena letak target penyinaran

sangat berdekatan dengan organ vital. Ilustrasi posisi dinding dada terhadap organ paru-paru dan jantung pada citra CT-Scan dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2. Konturing organ kritis (OAR) dan volume target (PTV)

Gambar 2 memperlihatkan visualisasi distribusi dosis radiasi pada citra CT potongan aksial. Pada gambar dapat dilihat cakupan area target (PTV) pada dinding dada yang berdampingan sangat dekat dengan struktur anatomi kritis. Terlihat posisi organ berisiko (OAR) utama seperti paru kanan, paru kiri, jantung, dan spinal cord yang menjadi fokus utama evaluasi dosimetri untuk memastikan keamanan perencanaan. Analisis dosis pada organ-organ berisiko (OAR) yang meliputi paru-paru, jantung, dan spinal cord dilakukan melalui pengamatan parameter kurva *Dose Volume Histogram* (DVH) guna mengetahui distribusi dosis dan besarnya paparan radiasi yang diterima oleh setiap organ. Analisis dosis pada jantung dilakukan dengan mempertimbangkan batas toleransi yang direkomendasikan dalam pedoman ICRU dan QUANTEC, di mana dosis radiasi dari 25 Gy harus mencakup kurang dari 10% volume jantung (Putu et al., 2020). Selain itu, untuk Paru-paru menjadi *Organ at Risk* pada perencanaan radioterapi kanker payudara yang paling rentan terpapar radiasi karena terletak di belakang payudara sehingga batas toleransi dosis radiasi telah ditetapkan oleh RTOG berupa QUANTEC (*Quantitative Analysis of Normal Tissue Effects in the Clinic*) yang menyatakan pada pasien kanker payudara dosis radiasi yang dianggap aman untuk paru-paru adalah $V20 < 30\%$ (Febrietri et al., 2020).

Berdasarkan rekomendasi QUANTEC, batas dosis maksimum (D_{max}) yang diperbolehkan untuk spinal cord adalah sebesar 50 Gy. Batas toleransi ini ditetapkan untuk mencegah terjadinya myelopathy radiasi, yaitu kerusakan pada sumsum tulang belakang yang bersifat serius dan dapat menimbulkan gangguan neurologis permanen, seperti penurunan fungsi motorik, gangguan sensorik, hingga kelumpuhan (Plans, 2023). Spinal cord termasuk organ berisiko dengan tingkat sensitivitas yang tinggi terhadap radiasi sehingga dosis yang diterimanya harus dikontrol secara ketat dalam setiap perencanaan radioterapi. Oleh karena itu, evaluasi dosis pada spinal cord dilakukan melalui kurva *Dose Volume Histogram* (DVH) dengan memperhatikan nilai dosis maksimum yang diterima, guna memastikan dosis yang diberikan tetap berada di bawah batas toleransi dan aman bagi pasien.

2.6 Analisis Parameter CI dan HI

Analisis parameter CI dan HI dapat dilakukan berdasarkan distribusi nilai PTV. *Conformity Index* (CI) dan *Homogeneity Index* (HI) merupakan dua parameter yang dapat membantu dalam mengevaluasi hasil TPS pada perencanaan radioterapi. Selain itu juga untuk verifikasi isodosis irisan demi irisan saat evaluasi *treatment planning*. CI mengukur konformitas dosis pada volume tumor dan volume jaringan di sekitarnya yang dicakup oleh dosis referensi, sedangkan HI menjelaskan bagaimana dosis yang ditentukan homogen pada target tumor (Eri Puspita Sari et al., 2024).

$$CI = \frac{PTV_{95\%}}{V_{PTV}} \quad 1$$

Keterangan:

V95% = Besarnya keseluruhan volume yang menerima dosis 95% (cm³).

VPTV = Besarnya volume PTDV pada suatu target radiasi (cm³).

CI adalah rasio antara volume target yang menerima dosis yang diinginkan dengan volume total target yang terkena dosis radiasi. Nilai CI memiliki interval dari 0 sampai 1. Nilai ideal dari CI adalah 1, menunjukkan dosis yang diterima PTV 100% dan tidak ada dosis yang mengenai jaringan sehat lain (Syafna et al., 2024). Nilai CI dari ketentuan ICRU Report 62 dan 83 didefinisikan pada Persamaan (1). CI mengacu pada perbandingan antara volume target yang menerima dosis yang diharapkan dan total volume target yang terkena radiasi (Husni et al., 2021).

$$HI = \frac{D_{2\%} - D_{98\%}}{D_{50\%}} \quad 2$$

Keterangan:

2% adalah besaran dosis melingkupi 2% volume PTV (Gy)

98% adalah besaran dosis melingkupi 98% volume PTV (Gy)

50% adalah besaran dosis melingkupi 50% volume PTV (Gy)

Menurut ICRU nilai HI yang direkomendasikan yaitu mendekati 0. Nilai HI merepresentasikan homogenitas dosis dalam volume target dengan nilai idealnya 0. Jika nilai idealnya 0, yang berarti seluruh dosis pada volume target homogen. Kehomogenan pada teknik terjadi karena adanya optimasi dalam TPS yang memaksa agar dosis yang diterima oleh pasien sama di setiap arah penyinaran (ICRU Report 62, 1999) (Fadila et al., 2023).

2.7 Bagan Alir Penelitian

