

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kanker payudara (*Carcinoma mammae*) merupakan salah satu jenis kanker yang paling umum dan sering terjadi dikalangan wanita dengan prevalensi tertinggi di Indonesia maupun di dunia dimana kanker ini telah melampaui kanker paru-paru. Kanker payudara adalah suatu jenis keganasan yang terjadi pada sel kelenjar, saluran kelenjar dan jaringan penunjang payudara. Menurut data GLOBOCAN tahun 2022 jumlah kasus kanker payudara mencapai 68.858 kasus (16,6%) dari total 396.914 kasus baru kanker di Indonesia dan terdapat lebih dari 2 juta kasus baru kanker payudara yang didiagnosis setiap tahunnya (Sung et al., 2021). Kanker terjadi karena adanya perubahan sel menjadi tidak normal dan mengalami peningkatan jumlah yang tak terkendali (Farhiyati et al., 2020). Angka kejadian kanker payudara tertinggi terdapat pada usia 40-49 tahun, untuk usia 35 tahun insidennya hanya kurang dari 5% (Ardiantari et al., 2023).

Salah satu jenis pengobatan kanker yang telah berkembang untuk meningkatkan angka kesembuhan adalah radioterapi (Febrietri et al., 2020). Radioterapi sinar eksternal (RT) merupakan komponen yang diperlukan untuk pengobatan lokal pascaoperasi kanker payudara (Onal et al., 2012). Dengan kemajuan dalam teknik dan peralatan radioterapi dimungkinkan untuk menggunakan teknik iradiasi payudara alternative dan menerapkan dosis yang lebih homogen dalam volume target (Hosseini et al., 2020). Radiasi pengion digunakan dalam radioterapi untuk mengobati keganasan sel kanker tanpa merusak jaringan sehat di sekitarnya, prinsip dasar radioterapi adalah memberikan dosis radiasi yang mematikan pada area tumor yang telah ditentukan (Nurjannah et al., 2024). Manfaat radioterapi diharapkan dapat menyembuhkan atau mengecilkan kanker dan mencegah kanker agar tidak menyebar. Pengobatan kanker payudara meliputi pembedahan, kemoterapi, radioterapi dan terapi hormonal (Bharati et al., 2023). Salah satu alat terapi yang digunakan adalah *Linear Accelerator* (LINAC). LINAC merupakan alat terapi radiasi yang paling banyak digunakan. Penggunaan radiasi pengion tinggi

dapat menimbulkan efek merusak pada jaringan normal atau organ yang berisiko, jantung dan paru-paru merupakan OAR untuk kanker payudara, dan diperlukan perencanaan terapi radiasi yang cermat dan tepat untuk mencegah hal ini (Nurjannah et al., 2024).

Dalam meningkatkan efektivitas pengobatan pada kanker payudara dilakukan dengan memperhitungkan posisi dan volume organ yang dapat dilakukan secara *Computerized Treatment Planning System* (TPS). TPS bertujuan untuk memberikan dosis radiasi yang optimal ke jaringan tumor dan dosis minimal pada jaringan sehat (Farhiyati et al., 2020). TPS merupakan system pada computer yang berfungsi untuk merancang pengobatan menggunakan radiasi dengan membentuk kurva distribusi dosis radiasi yang terdiri volume kanker total, volume target pada perencanaan dan dosis pada organ-organ sekitar kanker yang dapat dilihat pada histogram volume dosis, histogram yang didapatkan dalam bentuk kurva (DVH) *Dose Volume Histogram* (Riani et al., 2024). TPS memiliki peran penting untuk menentukan bentuk sinar dalam meningkatkan kontrol atas tumor dan mengurangi resiko komplikasi (Shafila et al., 2025). Dalam pengobatan, TPS merancang radiasi dengan membentuk kurva distribusi dosis radiasi yang terdiri dari volume kanker total (*Gross target volume*), volume target pada perencanaan (*Planning Target Volume*), dan dosis pada organ-organ di sekitar kanker yang dapat dilihat pada histogram volume dosis. Keberhasilan sangat bergantung pada perencanaan yang optimal untuk memastikan distribusi dosis yang homogen pada target volume (Ayusari & Guswanto, 2024). Terapi radiasi konformal tiga dimensi (3D) telah terbukti mencapai peningkatan penargetan tumor dan mengurangi volume jaringan normal yang terpapar pada beberapa keganasan (Dawod & Hammoury, 2016). Perencanaan radioterapi untuk pasien kanker payudara secara teknis menantang karena berbagai ukuran dan bentuk dinding payudara/dinding dada serta pengaturan reproduktivitas dan gerakan pernapasan. Dalam beberapa tahun terakhir telah dikembangkan beberapa teknik terapi radiasi yang lebih canggih, seperti teknik Wedge dan Field-in-Field. Teknik wedge menggunakan filter wedge untuk memodifikasi distribusi dosis radiasi, sedangkan teknik Field-in-Field menggunakan beberapa sub-field

dalam satu lapangan radiasi untuk mengoptimalkan distribusi dosis (Swanick & Smith, 2016).

Teknik radioterapi yang dikenal adalah Wedge dan juga Field-in-Field yang secara rutin digunakan dalam pemberian radioterapi eksternal untuk meningkatkan distribusi dosis, sudut wedge didefinisikan sebagai sudut dimana kurva isodosis dimiringkan pada sumbu pusat sinar pada kedalaman tertentu (Saukah, 2022). Berbagai metode dan teknik dilakukan untuk meminimalisir dosis radiasi pada jaringan sehat sekitar sel tumor, salah satu cara untuk meminimalisir dosis radiasi pada jaringan sehat adalah membentuk distribusi dosis radiasi yang homogen pada area yang permukaannya tidak rata seperti leher dengan memanfaatkan penggunaan wedge filter (Buckner et al., 2016). Teknik-teknik ini bertujuan untuk mengoptimalkan keseimbangan antara efektivitas pengobatan dan potensi efek samping pada organ-organ vital. Metode baji melibatkan penggunaan alat berbentuk baji yang terbuat dari bahan dengan sifat ketebalan yang bervariasi. Baji dapat diposisikan pada sudut yang berbeda untuk mencapai distribusi dosis yang diinginkan dan meminimalkan dosis pada jaringan sehat di sekitarnya. Pemakaian wedge filter ditujukan untuk mengoptimalkan distribusi dosis yang diterima pasien sehingga bentuk dari kurva isodosisnya akan termodifikasi (Nejad et al., 2023). Teknik Field-in-Field (FIF) menjadi bagian penting dari aplikasi 3D CRT karena dapat membantu mengatasi masalah dosis radiasi yang tidak merata dengan mengurangi dosis hotspot dan mempercepat waktu radioterapi (Rasyid, 2021). Teknik Field-in-Field juga menggunakan beberapa bidang dan sub-bidang untuk mencapai distribusi dosis yang homogen di PTV (*Planning Treatment Volume*) sekaligus mengurangi dosis OAR melalui perlindungan struktur kritis Payudara (Hosseini et al., 2020).

Menurut Komisi Internasional tentang Unit dan Pengukuran Radiasi, sudut wedge didefinisikan sebagai sudut di mana kurva isodosis dimiringkan pada sumbu pusat sinar pada kedalaman tertentu (Buckner et al., 2016). Wedge dapat diposisikan pada sudut yang berbeda untuk mencapai distribusi dosis yang diinginkan dan meminimalkan dosis ke jaringan sehat di dekatnya (Nejad et al., 2023). Fisikawan medik berperan penting dalam perencanaan

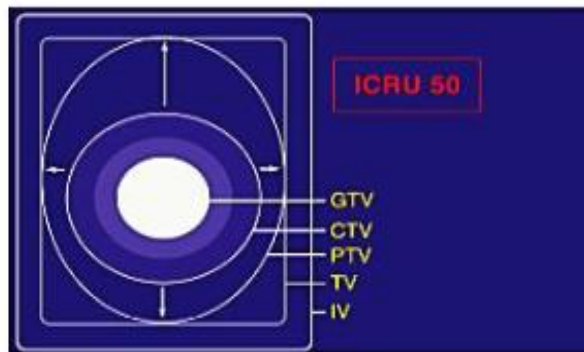
terapi radiasi dengan menentukan arah penyinaran radiasi dan mempertimbangkan penggunaan wedge saat melakukan perhitungan Treatment Planning System (Ayusari & Guswantoro, 2024). Teknik konvensional menggunakan wedge filter telah lama digunakan untuk mengkompensasi ketidakaturan permukaan payudara dan mencapai distribusi dosis yang lebih merata. Namun, penggunaan filter wedge dapat menyebabkan peningkatan dosis pada OAR dan area dengan dosis berlebih, yang berpotensi meningkatkan resiko efek samping (Sonmez et al., 2014). Sebagai alternative, teknik field-in-field (FIF) telah dikembangkan untuk meningkatkan homogenitas dosis tanpa perlu menggunakan wedge filter (Uchida et al., 2020).

Teknik Field in Field menjadi bagian penting dari aplikasi 3D CRT karena dapat membantu mengatasi masalah dosis radiasi yang tidak merata dengan mengurangi dosis hotspot dan mempercepat waktu radioterapi (Rasyid, 2021). Teknik field-in-field (FIF) telah menjadi metode yang banyak dipilih untuk pemberian radioterapi tangensial pada seluruh payudara, beberapa penelitian telah melaporkan bahwa penggunaan teknik FIF memfasilitasi kontrol homogenitas dosis yang lebih baik (Tanaka et al., 2017). Field-in-Field menggunakan beberapa medan kecil dengan bobot yang sangat rendah, di dalam medan utama, yang menghasilkan homogenitas dosis yang maksimal terhadap PTV sekaligus menurunkan dosis terhadap volume yang diradiasi di luar area target (Waheed et al., 2021). Hal ini juga bertujuan untuk treatment Clinical Target Volume (CTV) (sebaran dari tumor primer) yang merupakan seluruh payudara atau dinding dada dan limfatik regional dengan distribusi dosis yang homogen serta meminimalkan dosis ke paru-paru, jantung (Ni Luh Putu Ema Ardiantari et al., 2023).

Evaluasi dosimetrik menggunakan *Dose Volume Histogram* (DVH) merupakan metode standar dalam menilai kualitas perencanaan terapi radiasi. DVH memberikan informasi kuantitatif mengenai distribusi dosis dalam PTV dan OAR, termasuk parameter seperti D90% (dosis yang diterima oleh 95% volume target), Dmean (dosis rata-rata), dan indeks homogenitas (HI). Teknik FIF secara signifikan mengurangi volume yang menerima dosis lebih dari 107%

dari dosis yang diterapkan, serta menurunkan insiden toksitas kulit akut derajat II (Futami, 2011). Ada beberapa parameter yang dapat ditinjau untuk melakukan evaluasi terhadap kurva DVH yaitu HI yang mengukur keseragaman distribusi dosis, CI yang menilai kesesuaian distribusi dosis pada volume target, serta dosis radiasi maksimum serta minimum pada OAR dan PTV (Shafila et al., 2025)

Planning Target Volume (PTV) adalah volume yang mencakup seluruh tumor dan margin untuk memastikan bahwa semua sel kanker menerima dosis radiasi yang diperlukan dengan volume target klinis dengan perluasan margin 0,5 hingga 1 cm (Sun et al., 2014). PTV adalah bagian penting dalam perencanaan radioterapi untuk kanker payudara dan digunakan sebagai acuan dalam penentuan dosis radiasi yang akan diterima oleh tumor. Perencanaan PTV memperhitungkan faktor-faktor seperti ukuran tumor, jarak dari tumor ke jaringan sehat yang berdekatan, dan posisi organ sekitar. Dalam proses perencanaan radioterapi, akan dibuat rekonstruksi citra 3D untuk memvisualisasikan posisi dan ukuran tumor dan jaringan sehat sekitar. Kemudian, membuat PTV yang sesuai dengan ukuran dan posisi tumor, dan memastikan bahwa PTV menerima dosis radiasi yang optimal (Rahmawati1 et al., 2023). Salah satu cara umum untuk memperhitungkan ketidakpastian dalam pengaturan pasien dan deformasi jaringan adalah dengan memperluas volume target klinis (PTV). Kemudian diasumsikan bahwa margin PTV ke CTV cukup untuk memperhitungkan ketidakpastian pengaturan pasien, perubahan anatomi, dan ketidakpastian yang terkait dengan mesin perawatan (Mankinen et al., 2024). Perencanaan PTV yang akurat sangat penting untuk memastikan bahwa tumor menerima dosis radiasi yang optimal tanpa mempengaruhi jaringan sehat sekitar. Oleh karena itu, *International Commission on Radiation Units and Measurements* (ICRU) merekomendasikan dosis untuk PTV yaitu 95-107% (Menzel, 2010).



Gambar. 1 Target Volume

Organ At Risk (OAR) adalah organ yang memiliki sensitivitas tinggi terhadap radiasi dan dosis yang diterima pada jaringan atau organ tersebut dapat memberikan efek yang lebih berpengaruh secara signifikan jika melebihi batas toleransi, dengan kata lain mudah mengalami kerusakan bila terpapar radiasi. Oleh karena itu, *Organ At Risk* (OAR) perlu planning yang akurat sehingga batas toleransi yang diterima tidak boleh melebihi ambang batas yang telah ditetapkan serta tidak menimbulkan gangguan ataupun kerusakan pada organ tersebut (Ludwig et al., 2008). Evaluasi dosis pada *Organ At Risk* (OAR) dapat dilakukan berdasarkan dari berbagai sumber. Pedoman ini dibuat untuk mengatasi variabilitas saat mendeliniasi diantara dokter yang berbeda, serta memudahkan dokter memberikan dosis radiasi secara tepat dan akurat karena pengobatan radioterapi yang berhasil tergantung pada penentuan dosis optimal untuk volume tumor dan jaringan normal disekitarnya.

Secara keseluruhan, DVH adalah alat penting dalam perencanaan radioterapi modern yang membantu tim medis dalam mengoptimalkan perawatan radiasi untuk setiap pasien secara individual. Dengan menggunakan analisis DVH, tim medis dapat meningkatkan akurasi dan kualitas perencanaan radioterapi, sehingga mencapai hasil pengobatan yang lebih baik dan meningkatkan kualitas hidup pasien yang menjalani perawatan kanker payudara atau kanker lainnya.

Berdasarkan uraian diatas dimana DVH dapat memberikan informasi tentang distribusi dosis radiasi pada target tumor dan jaringan sehat sekitarnya. Namun, masih ada perdebatan tentang efektivitas dan keamanan teknik wedge dan field-in-field dalam terapi radiasi kanker payudara, dan juga masih terdapat kebutuhan untuk studi komparatif yang lebih mendalam mengenai teknik tersebut, khususnya dengan mempertimbangkan parameter DVH. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan perencanaan terapi radiasi kanker payudara melalui analisis komparatif antara kedua teknik tersebut, dengan focus pada evaluasi dosimetrik menggunakan DVH untuk menilai distribusi dosis pada PTV dan OAR.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, adapun rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana perbandingan antara teknik wedge dan field-in-field ditinjau dari distribusi dosis pada (PTV) kasus kanker payudara kiri ?
2. Bagaimana perbandingan antara teknik wedge dan field-in-field berdasarkan paparan dosis terhadap (OAR) khususnya jantung dan paru-paru pada kasus kanker payudara kiri ?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, adapun tujuan dalam penelitian ini yaitu:

1. Membandingkan teknik mana yang lebih baik antara teknik wedge dan field-in-field pada distribusi dosis pada (PTV) pada kasus kanker payudara kiri
2. Membandingkan teknik mana yang lebih baik terhadap paparan dosis (OAR) khususnya jantung dan paru-paru, pada kasus kanker payudara kiri

BAB II METODE PENELITIAN

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober 2025 s/d Januari 2026 di Instalasi Radioterapi Rumah Sakit Universitas Hasanuddin yang memiliki fasilitas perencanaan terapi Wedge dan FIF.

2.2 Sampel

Sampel penelitian ini adalah dari data sekunder yang merupakan hasil planning pada TPS. Jumlah sampel pada penelitian ini adalah sebanyak 11 pasien kanker payudara menjalani radioterapi yang memenuhi kriteria dalam perencanaan penelitian ini. Dosis yang diberikan 50 Gy dalam 25 kali fraksi dengan energy 6 MV.

2.3 Prosedur Penelitian

1. Persiapan Alat dan Bahan

Sebelum memulai terlebih dahulu mempersiapkan alat, data dan perangkat lunak, yaitu:

- a. Pengumpulan data rekam medis (file CT simulasi dalam format DICOM)
- b. Operator Console CT-Simulator
- c. Komputer dengan akses ke *Treatment Planning System* (TPS)
- d. Pesawat Linac
- e. *Breast Board*
- f. Software DVH Analyzer / Excel / SPSS
- g. Formulir pencatatan data dosimetrik
- h. Panduan kontur (sesuai RTOG atau protocol local)

2. Seleksi Sampel

- a. Lakukan screening data pasien dari rekam medis radioterapi
- b. Pilih pasien kanker payudara yang memenuhi kriteria inklusi:
 - Stadium II-IV
 - Fokus breast cancer kiri

- Pasien yang telah melakukan operasi/mastektomi
- Sudah melakukan CT-Simulator
- Posisi supinasi + breast board
- Data lengkap dan dapat digunakan untuk rencana ulang
- Target minimal 10-15 pasien

3. Konturing Struktur

- a. Import data CT simulator pasien ke TPS
- b. Dua rencana dibuat perpasien satu dengan wedge an satu dengan FIF menggunakan energy 6MV
- c. PTV dan OAR dikontur oleh dokter onkologi radiasi
 - PTV (*Planning Target Volume*): wilayah target
 - OAR (*Organ at Risk*): paru-paru ipsilateral, jantung, kulit, dan lainnya bila perlu
- c. Pastikan kontur dilakukan secara konsisten untuk semua pasien

1. Perencanaan Terapi Radiasi

a. Teknik Wedge

- Buat dua field tangensial (medial dan lateral)
- Tambahkan physical atau dynamic wedge pada salah satu field
- Preskripsi dosis: 50 Gy dalam 25 fraksi ke PTV
- Optimasi hingga PTV tercakup sesuai standar ($D_{95\%} > 95\%$)

b. Teknik Field-in-Field (FIF)

- Buat field utama tangensial (seperti pada teknik wedge)
- Tambahkan subfield (MUL) di area hotspot menggunakan MLC (*Mult-leaf collimator*)
- Optimasi hingga distribusi dosis merata dan homogeny
- Pastikan dosis ke PTV tercapai dan OAR terlindungi

2. Evaluasi DVH dan Analisis data

Setelah dua rencana selesai, buka tampilan DVH dari TPS, kemudian mengekstrak dan mencatat parameter berikut untuk masing-masing teknik dan pasien:

a. Untuk PTV:

- Dmean (rata-rata dosis pada PTV)
- D2%, D98%, D50%, V95% dan Vptv
- V95% (volume PTV yang menerima minimal 95% dari dosis)
- V107% (volume PTV yang menerima lebih dari 105%, menunjukkan adanya hotspot)
- Homogeneity Index (HI), dengan persamaan:

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

Dimana D2% merupakan dosis yang diterima oleh 2% volume PTV, D98% adalah dosis yang diterima oleh 98% volume PTV dan D50% adalah dosis tengah (median) Dari volume PTV.

- *Conformity Index (CI)*,

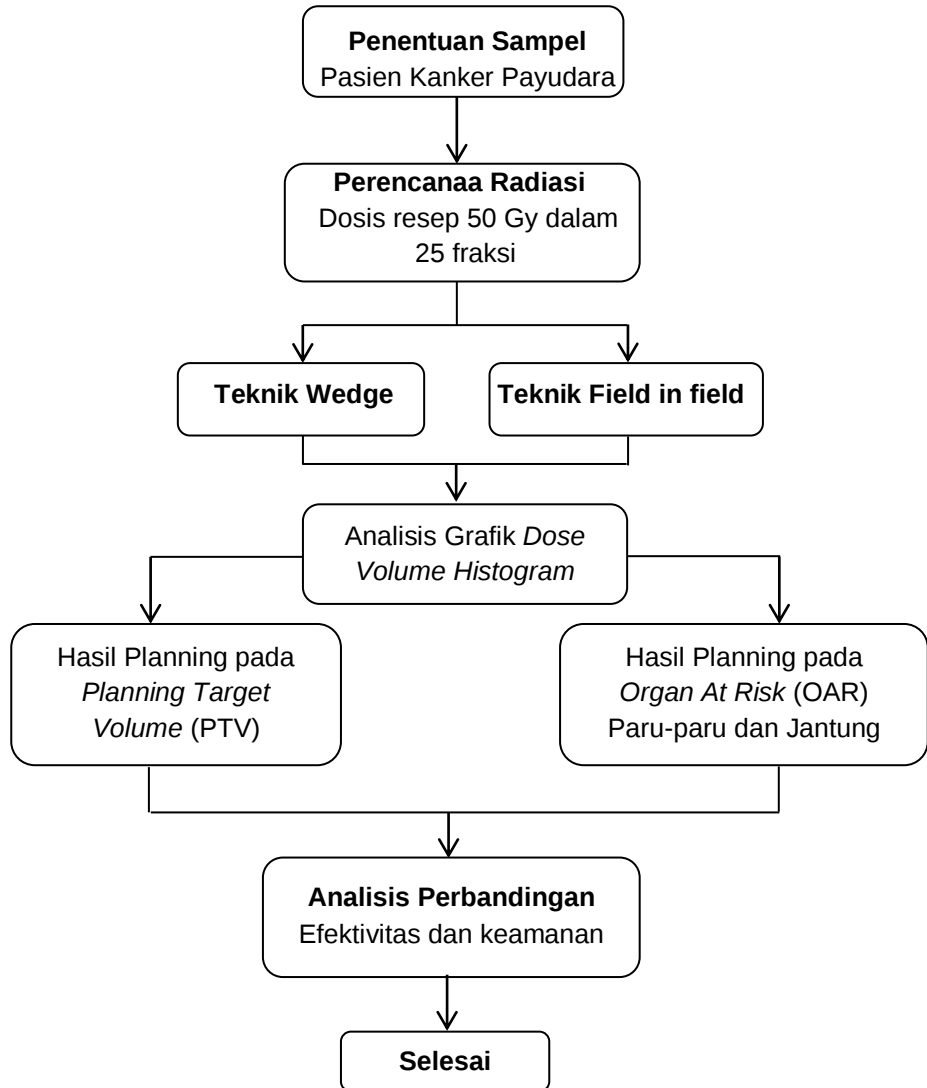
$$CI = \frac{V_{95\%}}{V_{PTV}}$$

Dimana VPTV adalah volume total PTV

b. Untuk OAR:

- Dmean paru dan jantung
- V20 paru (yang menerima >30%)
- V30 jantung (volume jantung menerima dosis >46%)

2.4 Bagan alir Penelitian



Gambar 3 Bagan Alir