

RADIOTHERAPY TECHNIQUE INTENSITY MODULATED RADIATION THERAPY (IMRT) IN BREAST CANCER CASES IN PASAR MINGGU HOSPITAL

TEKNIK RADIOTERAPI INTENSITY MODULATED RADIATION THERAPY (IMRT) PADA KASUS KANKER PAYUDARA DI RSUD PASAR MINGGU

Dody Arland ¹⁾, Nursama Heru ²⁾, Khairil Anwar ³⁾, Petra P Wellyam ⁴⁾, Dea Ryangga ⁵⁾, Danil Hulmansyah ⁶⁾
Poltekkes Kemenkes Jakarta II, Indonesia ^{1,2,3,4,5)}
Universitas Awal Bros ⁶⁾
e-mail : dody.muturad@gmail.com

ABSTRACT

Background: Breast cancer is the most common type of cancer among women in Indonesia and remains one of the leading causes of cancer-related mortality. Radiotherapy plays a crucial role as both an adjuvant and curative treatment modality to improve local disease control following surgery. Advances in radiotherapy technology have led to the development of Intensity Modulated Radiation Therapy (IMRT), which enables highly conformal dose distribution to the target volume while minimizing radiation exposure to surrounding healthy tissues. Nevertheless, the clinical implementation of IMRT for breast cancer treatment in hospitals still requires evaluation of the treatment workflow and irradiation techniques to ensure optimal therapeutic outcomes. This study aimed to describe the implementation of the IMRT technique in breast cancer patients at the Radiotherapy Installation of Pasar Minggu Regional General Hospital, from the initial consultation to the completion of radiotherapy treatment.

Methods: This study employed a qualitative approach using a case study design involving a breast cancer patient. Data were collected through direct observation of the radiotherapy workflow, including consultation with a radiation oncologist, CT simulation, Treatment Planning System (TPS), verification using an On-Board Imager (OBI), and radiation delivery using a Linear Accelerator (LINAC).

Results: Radiotherapy planning was performed using the IMRT technique with six irradiation fields at gantry angles of 20°, 60°, 220°, 260°, 300°, and 340°. Evaluation of the Dose Volume Histogram (DVH) demonstrated that target dose coverage remained within the International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU) recommended range of 95–107%. Patient positioning verification using anterior–posterior/posterior–anterior (AP/PA) and lateral OBI imaging confirmed accurate patient alignment prior to treatment. The prescribed radiation dose was 5000 cGy delivered in 25 fractions of 200 cGy each.

Kata kunci: Radiotherapy; Breast; Cancer; IMRT

PENDAHULUAN

Kanker merupakan salah satu penyebab utama morbiditas dan mortalitas di dunia, dengan kanker payudara menjadi jenis kanker yang paling banyak ditemukan pada perempuan. Berdasarkan data Global Cancer Observatory (GLOBOCAN) tahun 2020, terdapat sekitar 2,26 juta kasus baru kanker payudara di dunia atau sekitar 11,7% dari

seluruh kasus kanker, dengan angka kematian mencapai hampir 685.000 jiwa. Di Indonesia, kanker payudara juga menempati urutan pertama sebagai kanker dengan insidensi tertinggi sehingga menjadi tantangan besar dalam pelayanan kesehatan, khususnya dalam upaya meningkatkan keberhasilan terapi sekaligus mempertahankan kualitas hidup

pasien (Fahrurrozi & Wasilah, 2023; Sofa et al., 2024).

Radioterapi merupakan salah satu modalitas utama dalam tata laksana kanker payudara, baik sebagai terapi kuratif maupun adjuvan setelah tindakan pembedahan. Tujuan utama radioterapi adalah memberikan dosis radiasi setinggi mungkin pada volume target untuk meningkatkan kontrol lokal tumor, namun tetap mempertahankan dosis serendah mungkin pada jaringan sehat dan organ di sekitarnya (*organ at risk*). Tantangan terbesar dalam radioterapi modern adalah mencapai keseimbangan antara efektivitas eradikasi sel kanker dan penurunan efek samping akibat paparan radiasi terhadap jaringan normal (Burnet et al., 2004; Vaidya, 2024).

Perkembangan teknologi radioterapi telah menghasilkan teknik *Intensity Modulated Radiation Therapy* (IMRT), yaitu metode penyinaran yang menggunakan modulasi intensitas berkas radiasi melalui proses *inverse planning*. Teknik ini memungkinkan distribusi dosis yang lebih konformal terhadap *Planning Target Volume* (PTV), meningkatkan homogenitas dosis, serta menurunkan paparan radiasi pada organ penting seperti jantung dan paru-paru dibandingkan teknik konvensional. Selain itu, penggunaan *Treatment Planning System* (TPS), evaluasi *Dose Volume Histogram* (DVH), serta verifikasi posisi menggunakan *On Board Imager* (OBI) menjadi komponen penting dalam menjamin akurasi terapi (Maass et al., 2022).

Berbagai penelitian terkini lebih banyak berfokus pada optimasi algoritma *inverse planning*, evaluasi distribusi dosis, analisis *Dose Volume Histogram* (DVH), serta pengembangan metode optimisasi IMRT berbasis komputasi untuk meningkatkan kualitas rencana penyinaran. Perkembangan tersebut membuktikan bahwa IMRT telah menjadi standar dalam radioterapi modern karena mampu meningkatkan konformitas dosis dan mengurangi komplikasi pada jaringan normal (Maass et al., 2022; Vaidya, 2024). Namun, sebagian besar penelitian masih menitikberatkan pada aspek dosimetri dan

optimasi perencanaan, sedangkan laporan mengenai implementasi klinis secara menyeluruh mulai dari konsultasi, CT Simulator, perencanaan TPS, verifikasi OBI, hingga pelaksanaan penyinaran pada pasien kanker payudara di rumah sakit Indonesia masih relatif terbatas.

Penelitian ini terletak pada masih minimnya publikasi yang mendeskripsikan secara komprehensif alur pelayanan radioterapi IMRT pada kasus kanker payudara di Indonesia, khususnya mengenai integrasi proses CT Simulator, konturing target, evaluasi DVH, verifikasi OBI, dan pelaksanaan penyinaran menggunakan LINAC dalam praktik klinis sehari-hari. Informasi tersebut penting sebagai referensi bagi radiografer radioterapi, fisikawan medis, dan dokter spesialis onkologi radiasi dalam upaya menjaga ketepatan terapi, keselamatan pasien, serta standarisasi pelayanan radioterapi.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan mendeskripsikan secara komprehensif pelaksanaan teknik *Intensity Modulated Radiation Therapy* (IMRT) pada pasien kanker payudara di Instalasi Radioterapi RSUD Pasar Minggu mulai dari tahapan konsultasi, CT Simulator, *Treatment Planning System* (TPS), verifikasi menggunakan *On Board Imager* (OBI), hingga pelaksanaan penyinaran menggunakan pesawat Linear Accelerator (LINAC).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan desain studi kasus (*case study*) untuk mendeskripsikan secara komprehensif pelaksanaan teknik *Intensity Modulated Radiation Therapy* (IMRT) pada pasien kanker payudara di Instalasi Radioterapi RSUD Pasar Minggu. Pendekatan studi kasus dipilih karena mampu memberikan gambaran mendalam mengenai pelaksanaan radioterapi mulai dari tahap perencanaan hingga penyinaran pada satu kasus klinis.

Penelitian dilaksanakan di Instalasi Radioterapi RSUD Pasar Minggu pada tanggal 15 April 2024. Subjek penelitian

adalah seorang pasien perempuan berusia 56 tahun dengan diagnosis Carcinoma Mammae Dextra yang menjalani terapi radiasi menggunakan teknik IMRT. Selain itu, informan penelitian adalah seorang Radiografer Radioterapi (Radiation Therapist/RTT) yang terlibat langsung dalam pelaksanaan radioterapi pasien.

Pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung, wawancara semi-terstruktur, dan studi dokumentasi. Observasi dilakukan pada seluruh tahapan pelayanan radioterapi yang meliputi konsultasi dokter spesialis onkologi radiasi, CT Simulator, Treatment Planning System (TPS), verifikasi menggunakan On Board Imager (OBI), dan pelaksanaan terapi radiasi menggunakan Linear Accelerator (LINAC). Wawancara semi-terstruktur dilakukan terhadap Radiografer Radioterapi untuk memperoleh informasi mengenai prosedur pelaksanaan IMRT, penggunaan alat imobilisasi, proses verifikasi penyinaran, serta penerapan standar operasional selama terapi. Studi dokumentasi dilakukan terhadap data rekam medis, formulir set-up pasien, hasil CT Simulator, rencana penyinaran pada TPS, kurva Dose

Volume Histogram (DVH), serta formulir verifikasi penyinaran.

Instrumen penelitian meliputi pedoman observasi, pedoman wawancara semi-terstruktur, lembar dokumentasi, serta dokumen klinis yang berkaitan dengan proses radioterapi. Variabel yang diamati meliputi tahapan pelaksanaan teknik IMRT, penggunaan alat imobilisasi, proses perencanaan penyinaran, evaluasi Dose Volume Histogram (DVH), verifikasi posisi menggunakan On Board Imager (OBI), dan pelaksanaan penyinaran menggunakan LINAC.

Analisis data dilakukan secara deskriptif kualitatif dengan tahapan reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan. Data hasil observasi, wawancara, dan dokumentasi dibandingkan (triangulasi teknik) untuk meningkatkan keabsahan temuan penelitian. Selanjutnya, hasil penelitian diinterpretasikan dengan mengacu pada literatur ilmiah dan pedoman radioterapi yang relevan sehingga diperoleh gambaran mengenai implementasi teknik IMRT pada kasus kanker payudara di RSUD Pasar Minggu.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Identitas pasien

Nama : Ny. Y
Umur : 56 Tahun
No RM : 33xxxx
Diagnosa : Ca Mammae dextra

2. Alur Pelayanan Radioterapi

a. Konsultasi Dokter Spesialis Onkologi Radiasi

Pada tahap ini pasien membawa surat rujukan dari DPJP dan membawa hasil penunjang seperti hasil Patologi Anatomi (PA), Lab darah lengkap dan data penunjang diagnostik imaging Rontgen/CT/MRI/USG/PET-Scan, dll. Dokter spesialis onkologi radiasi menjelaskan diagnosa hasil PA, menentukan tujuan dan teknik penyinaran, menjadwalkan CT

Simulator lalu pasien mengisi form persetujuan tindakan.

b. CT Simulator

Pada saat CT Simulator, radiografer radioterapi (RTT) menyiapkan alat dan bahan seperti alat bantu fiksasi masker thermoplastik, Arm rest, Knee Rest dan lainnya sesuai kenyamanan pasien dengan posisi pasien supine diatas meja pemeriksaan yang rata. Kemudian menentukan tiga titik referensi pada bagian tubuh pasien yang minim pergerakan lalu diberi marker timbal pada ketiga titik nya. Selanjutnya dilakukan pencitraan gambar sesuai organ yang diinginkan sesuai batas organ sesuai indikasi dari dokter spesialis onkologi radiasi. Setelah CT Simulator selesai dilakukan maka posisi dan wajah pasien didokumentasikan dan RTT mengisi form set up pasien. Data image CT dikirimkan ke komputer TPS untuk diproses.



Gambar 1. CT Toshiba Aquilion 16Slice

c. Treatment Planning System (TPS)

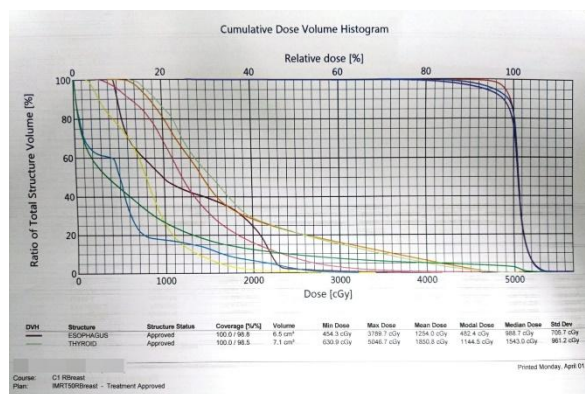
Pada TPS dokter melakukan konturing dan menentukan area delineasi target seperti Gross Tumor Volume (GTV), Clinical Target Volume (CTV) dan Planning Target Volume (PTV), dan Organ at Risk (OAR). Lalu menentukan Eksternal Beam Planning (EBP) menggunakan teknik IMRT dengan arah sudut lapangan penyinaran.

Dose Prescription		PTV High: 3	Primary Reference Point: PTV High: 3 (100.0%)
Target Volume:		100.0 %	Plan Normalization Value: 100.0 %
Prescribed Dose Percentage:		P1	
Prescription:		1000.0 cGy (200.0 cGy / fraction)	
Dose at primary reference point:		1000.0 cGy (200.0 cGy / fraction)	
Number of Fractions:		25	

Fields	ID	Machine	Energy	Scale	Weight	Size	Gantry	Collimator	Table	X	Y	Z	Calculation	SD
G-00	D-2000C2	6X	EC01217	1.000	11.9 cm x 24.3 cm (Appt)	✓ 10.0 deg	350.0 deg	5.0 deg	7.25 cm	8.00 cm	7.25 cm	80.0 cm	✓	20
G-01	D-2000C2	6X	EC01217	1.000	18.5 cm x 24.3 cm (Appt)	✓ 230.0 deg	2.0 deg	5.0 deg	7.25 cm	8.00 cm	7.25 cm	80.0 cm	✓	3
G-04	D-2000C2	6X	EC01217	1.000	21.0 cm x 23.5 cm (Appt)	✓ 145.0 deg	5.0 deg	5.0 deg	7.25 cm	8.00 cm	7.25 cm	80.0 cm	✓	3
G-05	D-2000C2	6X	EC01217	1.000	16.0 cm x 23.5 cm (Appt)	✓ 265.0 deg	5.0 deg	5.0 deg	7.25 cm	8.00 cm	7.25 cm	80.0 cm	✓	3
G-06	D-2000C2	6X	EC01217	1.000	11.9 cm x 23.5 cm (Appt)	✓ 200.0 deg	5.0 deg	5.0 deg	7.25 cm	8.00 cm	7.25 cm	80.0 cm	✓	3
G-22	D-2000C2	6X	EC01217	1.000	14.5 cm x 24.3 cm (Appt)	✓ 220.0 deg	5.0 deg	5.0 deg	7.25 cm	8.00 cm	7.25 cm	80.0 cm	✓	3
AP-KV5	D-2000C2	6X	EC01217	0.000	10.0 cm x 10.0 cm	✓ 0.0 deg	0.0 deg	0.0 deg	7.25 cm	8.00 cm	7.25 cm	80.0 cm	✓	540
RL-KV5	D-2000C2	6X	EC01217	0.000	10.0 cm x 10.0 cm	✓ 270.0 deg	0.0 deg	0.0 deg	7.25 cm	8.00 cm	7.25 cm	80.0 cm	✓	540
LL-KV5	D-2000C2	6X	EC01217	0.000	10.0 cm x 10.0 cm	✓ 165.0 deg	0.0 deg	0.0 deg	7.25 cm	8.00 cm	7.25 cm	80.0 cm	✓	540
CRCT	D-2000C2	6X	EC01217	0.000	10.0 cm x 10.0 cm	✓ 0.0 deg	0.0 deg	0.0 deg	7.25 cm	8.00 cm	7.25 cm	80.0 cm	✓	540

Gambar 2. Eksternal Beam Planning (EBP)

Lalu cek kurva Dose Volume Histogram (DVH) untuk memastikan bahwa penghitungan dosis sudah sesuai rekomendasi dari ICRU 95% - 107%



Gambar 3. Kurva DVH

d. Verifikasi awal penyinaran

Pasien diposisikan di ruangan Linac sama persis dengan saat dilakukan CT Simulator dengan acuan form set-up pasien dan dokumentasi yang diambil. Adapun pergeseran couch yang didapat saat perencanaan di TPS mencakup pergeseran couch longitudinal (masuk dan keluar), couch lateral (kiri dan kanan), couch vertikal (atas dan bawah) sehingga didapatkan nilai pergeseran titik isocenter dan dicatat dalam form verifikasi dan ditanda tangani oleh dokter spesialis onkologi radiasi, fisikawan medis dan radiografer radioterapi (RTT). Lalu lakukan verifikasi gambar dengan menggunakan On Board Imager (OBI) dengan gambaran AP/PA dan Lateral.

e. Treatment / Terapi radiasi

Pesawat Linac yang dipakai Linac Varian model Trilogy SN 6258. Setelah semua verifikasi sudah diatur maka pasien dilakukan penyinaran fraksi pertama dengan total dosis sesuai perencanaan oleh dokter spesialis onkologi radiasi sebesar 5000 cGy dengan total fraksinasi 25 x 200 cGy setiap fraksinasi dengan menggunakan Teknik Intensity modulated radiation therapy (IMRT) dengan 6 arah lapangan 20°, 60°, 220°, 260°, 300° dan 340°.



Gambar 4. Pesawat Linac Varian

f. Hasil wawancara

Untuk melengkapi hasil observasi, peneliti melakukan wawancara mendalam dengan seorang Radiografer Radioterapi (Radiation Therapist/RTT) yang bertugas di Instalasi Radioterapi RSUD Pasar Minggu. Wawancara dilakukan untuk memperoleh informasi mengenai pelaksanaan teknik IMRT pada pasien kanker payudara.

Berdasarkan hasil wawancara, responden menjelaskan bahwa keberhasilan terapi IMRT sangat bergantung pada ketepatan posisi pasien sejak tahap CT Simulator hingga penyinaran selesai dilakukan. Menurut responden, proses imobilisasi merupakan langkah awal yang sangat menentukan keberhasilan reproduksibilitas posisi pasien selama menjalani seluruh fraksi terapi.

"Pada teknik IMRT, posisi pasien harus benar-benar sama seperti saat CT Simulator. Karena itu kami menggunakan alat imobilisasi seperti arm rest dan knee rest agar posisi pasien tetap stabil pada setiap fraksi penyinaran. Jika posisi berubah, distribusi dosis yang telah direncanakan dapat bergeser dari target." (RTT-01)

Responden juga menjelaskan bahwa sebelum terapi diberikan, seluruh rencana penyinaran harus melalui evaluasi

menggunakan Treatment Planning System (TPS). Evaluasi dilakukan terhadap delineasi target, Organ at Risk (OAR), distribusi dosis, serta kurva Dose Volume Histogram (DVH) untuk memastikan bahwa dosis yang diberikan telah memenuhi rekomendasi yang berlaku.

"Setelah proses konturing selesai, kami bersama dokter onkologi radiasi dan fisikawan medis mengevaluasi hasil TPS. Kurva DVH menjadi salah satu acuan utama untuk memastikan target memperoleh dosis yang cukup, sementara organ-organ di sekitarnya tetap berada di bawah batas toleransi." (RTT-01)

Tahapan verifikasi sebelum penyinaran juga dinilai sebagai prosedur yang sangat penting dalam menjamin ketepatan terapi. Responden menyampaikan bahwa penggunaan On Board Imager (OBI) dilakukan pada setiap awal penyinaran untuk mencocokkan posisi pasien dengan citra hasil CT Simulator.

"Sebelum radiasi diberikan, kami selalu melakukan verifikasi menggunakan OBI. Apabila terdapat pergeseran posisi pasien, maka dilakukan koreksi pada couch, baik longitudinal, lateral maupun vertikal, hingga posisi isosenter benar-benar sesuai dengan hasil perencanaan." (RTT-01)

Menurut responden, penerapan teknik IMRT memberikan keuntungan dibandingkan teknik penyinaran konvensional karena mampu menghasilkan distribusi dosis yang lebih konformal terhadap volume target sehingga paparan radiasi pada organ sehat dapat diminimalkan.

"Keunggulan IMRT adalah kemampuan mengatur intensitas berkas radiasi dari beberapa arah sehingga dosis lebih fokus pada target. Dengan demikian, organ penting seperti paru-paru maupun jantung dapat menerima dosis yang lebih rendah dibandingkan teknik konvensional." (RTT-01)

Secara keseluruhan, hasil wawancara menunjukkan bahwa pelaksanaan teknik IMRT di Instalasi Radioterapi RSUD Pasar Minggu menerapkan pendekatan

multidisiplin yang melibatkan dokter spesialis onkologi radiasi, fisikawan medis, dan radiografer radioterapi. Sinergi antarprofesi tersebut diperlukan untuk memastikan setiap tahapan radioterapi berjalan sesuai prosedur, mulai dari simulasi, perencanaan, verifikasi, hingga pelaksanaan penyinaran.

Pembahasan

Penelitian ini mendeskripsikan pelaksanaan teknik *Intensity Modulated Radiation Therapy* (IMRT) pada pasien kanker payudara di Instalasi Radioterapi RSUD Pasar Minggu. Berdasarkan hasil observasi, seluruh tahapan pelayanan radioterapi dilaksanakan secara sistematis, dimulai dari konsultasi dokter spesialis onkologi radiasi, CT Simulator, *Treatment Planning System* (TPS), verifikasi menggunakan *On Board Imager* (OBI), hingga pelaksanaan penyinaran menggunakan pesawat *Linear Accelerator* (LINAC). Rangkaian pelayanan tersebut menunjukkan bahwa implementasi IMRT tidak hanya bergantung pada teknologi yang digunakan, tetapi juga pada koordinasi multidisiplin antara dokter spesialis onkologi radiasi, fisikawan medis, dan radiografer radioterapi.

Tahap CT Simulator merupakan proses yang sangat penting karena menjadi dasar dalam penyusunan rencana terapi radiasi. Pada penelitian ini, pasien diposisikan menggunakan alat imobilisasi berupa *arm rest* dan *knee rest* untuk mempertahankan reproduksibilitas posisi selama seluruh fraksi penyinaran. Penggunaan alat imobilisasi bertujuan mengurangi variasi posisi pasien sehingga target penyinaran dapat dicapai secara konsisten. Temuan ini sejalan dengan penelitian Burnet et al. (2004), yang menjelaskan bahwa ketepatan penentuan volume target dan reproduksibilitas posisi pasien merupakan faktor utama dalam keberhasilan radioterapi. Selain itu, Vaidya (2024) menyatakan bahwa akurasi posisi pasien selama simulasi dan terapi sangat berpengaruh terhadap keberhasilan pengendalian tumor sekaligus mengurangi dosis yang diterima jaringan sehat.

Pada tahap *Treatment Planning System* (TPS), dilakukan delineasi *Gross Tumor Volume* (GTV), *Clinical Target Volume* (CTV), *Planning Target Volume* (PTV), serta *Organ at Risk* (OAR). Selanjutnya dilakukan optimasi menggunakan teknik *inverse planning* sehingga diperoleh distribusi dosis yang sesuai dengan tujuan terapi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa evaluasi *Dose Volume Histogram* (DVH) masih berada dalam rentang rekomendasi ICRU, yaitu 95–107% dari dosis yang diresepkan. Hal tersebut menunjukkan bahwa kualitas perencanaan penyinaran telah memenuhi standar radioterapi modern. Temuan ini sesuai dengan penelitian Maass et al. (2022), yang menyatakan bahwa optimasi IMRT melalui *inverse planning* mampu meningkatkan konformitas distribusi dosis terhadap target sekaligus mempertahankan dosis organ risiko di bawah batas toleransi klinis.

Verifikasi posisi pasien sebelum penyinaran menggunakan *On Board Imager* (OBI) juga menjadi salah satu tahapan penting yang ditemukan pada penelitian ini. Berdasarkan hasil observasi, dilakukan pencocokan citra menggunakan proyeksi AP/PA dan lateral sebelum penyinaran dimulai. Apabila ditemukan pergeseran posisi, dilakukan koreksi *couch* pada arah longitudinal, lateral, maupun vertikal hingga posisi isosenter sesuai dengan hasil perencanaan. Prosedur ini bertujuan meminimalkan kesalahan geografis (*geographical miss*) yang dapat menyebabkan target tidak menerima dosis optimal. Menurut International Atomic Energy Agency (IAEA, 2022), penerapan *image-guided radiotherapy* (IGRT) menggunakan OBI terbukti meningkatkan akurasi penyinaran serta mengurangi ketidakpastian posisi pasien pada setiap fraksi radioterapi.

Pada tahap terapi, pasien menerima dosis total sebesar 5000 cGy yang diberikan dalam 25 fraksi masing-masing 200 cGy menggunakan enam arah lapangan penyinaran (20°, 60°, 220°, 260°, 300°, dan 340°). Penggunaan beberapa arah lapangan merupakan karakteristik utama teknik IMRT yang memungkinkan modulasi intensitas

berkas radiasi sehingga distribusi dosis menjadi lebih homogen pada volume target. Teknik ini juga memberikan keuntungan berupa penurunan dosis pada organ penting seperti jantung dan paru-paru yang berada di sekitar target penyinaran. Hasil tersebut sejalan dengan Gong et al. (2021), yang menyatakan bahwa IMRT mampu meningkatkan indeks konformitas dosis dan mengurangi toksisitas radiasi dibandingkan teknik tiga dimensi konvensional (*Three-Dimensional Conformal Radiation Therapy*).

Hasil wawancara dengan Radiografer Radioterapi (RTT) memperkuat temuan observasi bahwa keberhasilan pelaksanaan IMRT tidak hanya ditentukan oleh kecanggihan teknologi, tetapi juga oleh ketelitian tenaga kesehatan dalam setiap tahapan pelayanan. Responden menjelaskan bahwa reproduksibilitas posisi pasien sejak CT Simulator hingga penyinaran merupakan faktor utama yang menentukan ketepatan distribusi dosis. Pernyataan tersebut menunjukkan bahwa radiografer radioterapi memiliki peran penting dalam menjamin kualitas terapi melalui proses imobilisasi, dokumentasi posisi pasien, serta verifikasi sebelum penyinaran. Menurut pedoman European Society for Radiotherapy and Oncology (ESTRO, 2022), kompetensi radiografer radioterapi dalam melakukan *patient positioning* dan *image verification* merupakan bagian integral dari sistem jaminan mutu radioterapi modern.

Responden juga menjelaskan bahwa evaluasi *Dose Volume Histogram* (DVH) selalu dilakukan sebelum terapi dimulai untuk memastikan bahwa dosis yang diterima PTV telah memenuhi target, sedangkan dosis pada OAR tetap berada dalam batas toleransi. Pernyataan tersebut menunjukkan bahwa proses *quality assurance* dalam radioterapi telah diterapkan secara baik di Instalasi Radioterapi RSUD Pasar Minggu. Menurut International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU), evaluasi DVH merupakan indikator utama dalam menilai kualitas rencana penyinaran karena mampu menggambarkan distribusi dosis pada target maupun organ risiko secara kuantitatif.

Selain itu, hasil wawancara menunjukkan bahwa penggunaan OBI sebelum setiap penyinaran merupakan prosedur yang tidak dapat diabaikan karena berfungsi memastikan kesesuaian posisi pasien dengan hasil CT Simulator. Hal ini sesuai dengan konsep *Image-Guided Radiation Therapy* (IGRT), yang menekankan pentingnya verifikasi citra untuk mengurangi kesalahan posisi akibat variasi anatomi maupun pergerakan pasien selama terapi. Dengan demikian, kombinasi antara IMRT dan OBI mampu meningkatkan akurasi penyinaran, memperbaiki cakupan dosis pada target, serta mengurangi risiko komplikasi pada jaringan normal.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa pelaksanaan teknik IMRT pada kasus kanker payudara di RSUD Pasar Minggu telah mengikuti prinsip-prinsip radioterapi modern melalui penerapan simulasi yang akurat, perencanaan berbasis TPS, evaluasi DVH, verifikasi menggunakan OBI, dan penyinaran menggunakan LINAC. Sinergi antara dokter spesialis onkologi radiasi, fisikawan medis, dan radiografer radioterapi menjadi faktor penting dalam menghasilkan terapi yang aman, tepat sasaran, dan sesuai dengan standar internasional.

KESIMPULAN

Pelaksanaan radioterapi pada kasus kanker payudara di Instalasi Radioterapi RSUD Pasar Minggu telah menerapkan teknik *Intensity Modulated Radiation Therapy* (IMRT) sesuai dengan alur pelayanan radioterapi modern, yang meliputi konsultasi dokter spesialis onkologi radiasi, CT Simulator, *Treatment Planning System* (TPS), verifikasi menggunakan *On Board Imager* (OBI), dan pelaksanaan penyinaran menggunakan pesawat *Linear Accelerator* (LINAC).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses perencanaan penyinaran dilakukan melalui delineasi *Gross Tumor Volume* (GTV), *Clinical Target Volume* (CTV), *Planning Target Volume* (PTV), serta *Organ at Risk* (OAR), kemudian dioptimalkan

menggunakan teknik *inverse planning*. Evaluasi *Dose Volume Histogram* (DVH) menunjukkan distribusi dosis telah memenuhi rekomendasi ICRU, yaitu berada pada rentang 95–107% dari dosis yang diresepkan. Penyinaran dilakukan menggunakan enam arah lapangan gantry (20°, 60°, 220°, 260°, 300°, dan 340°) dengan dosis total 5000 cGy yang diberikan dalam 25 fraksi masing-masing 200 cGy.

Hasil wawancara dengan Radiografer Radioterapi (RTT) memperkuat bahwa keberhasilan pelaksanaan IMRT sangat dipengaruhi oleh ketepatan imobilisasi pasien, kualitas perencanaan pada TPS, evaluasi DVH, serta verifikasi posisi menggunakan OBI sebelum setiap fraksi penyinaran. Kolaborasi antara dokter spesialis onkologi radiasi, fisikawan medis, dan radiografer radioterapi menjadi faktor penting dalam menjaga ketepatan penyampaian dosis radiasi kepada target sekaligus meminimalkan paparan radiasi pada organ sehat di sekitarnya.

Secara keseluruhan, penerapan teknik IMRT pada kasus kanker payudara di RSUD Pasar Minggu telah dilaksanakan sesuai prinsip radioterapi modern dan mendukung pemberian terapi yang akurat, aman, serta berorientasi pada peningkatan kualitas pelayanan radioterapi bagi pasien kanker payudara.

DAFTAR PUSTAKA

- Azharuddin, S. K., Kumar, P., Navitha, S., Chauhan, A. K., Kumar, P., Nigam, J., & Mehta, A. (2022). Comparison of dosimetric parameters and clinical outcomes in inversely planned intensity-modulated radiotherapy (IMRT) and field-in-field forward planned IMRT for the treatment of breast cancer. *Cureus*, 14(7), e26692. <https://doi.org/10.7759/cureus.26692>
- Burnet, N. G., Thomas, S. J., Burton, K. E., & Jefferies, S. J. (2004). Defining the tumour and target volumes for radiotherapy. *Cancer Imaging*, 4(2), 153–161.
- Fahrurrozi, & Wasilah. (2023). Deteksi dini kanker payudara menggunakan algoritma *K-Nearest Neighbor* (KNN) dan *Decision Tree* C4.5. *Teknika*, 17(2), 427–434. <https://jurnal.polsri.ac.id/index.php/teknika/article/view/7565>
- Gong, L., Zhang, Y., Liu, C., Zhang, M., & Han, S. (2021). Application of radiosensitizers in cancer radiotherapy. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(20), 1083. <https://doi.org/10.3390/ijms22201083>
- International Atomic Energy Agency. (2022). *Accuracy requirements and uncertainties in radiotherapy*. IAEA.
- International Commission on Radiation Units and Measurements. (2010). *Prescribing, recording, and reporting photon-beam intensity-modulated radiation therapy (IMRT)* (ICRU Report 83). *Journal of the ICRU*, 10(1).
- Maass, K., Kim, M., & Aravkin, A. (2022). A nonconvex optimization approach to IMRT planning with dose-volume constraints. *INFORMS Journal on Computing*, 34(3), 1366–1386. <https://doi.org/10.1287/ijoc.2021.1129>
- Nurhamiyah, Y., Juwono, A. L., Djarwani, P., & Ph, D. (2014). Ketelitian reproduksibilitas alat fiksasi pasien sebelum dan sesudah radiasi. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 15(2), 71–75.
- Schoepen, M., Speleers, B., De Neve, W., Vakaet, V., Deseyne, P., Paelinck, L., Van Greveling, A., Veldeman, L., Detand, J., & De Gersem, W. (2022). Four irradiation and three positioning techniques for whole-breast radiotherapy: Is sophisticated always

- better? *Journal of Applied Clinical Medical Physics*, 23(11).
<https://doi.org/10.1002/acm2.13720>
- Sofa, T., Wardiyah, A., & Rilyani. (2024). Faktor risiko kanker payudara pada wanita. *Jurnal Penelitian Perawat Profesional*, 6(3), 1333–1336.
- Therapy, I. R. (2015). *Intensity-modulated radiation therapy (IMRT): What is intensity-modulated radiation therapy and how is it used?* RadiologyInfo.org.
- Vaidya, J. S. (2024). Principles of cancer treatment by radiotherapy. *Surgery*, 42(3), 139–149.
<https://doi.org/10.1016/j.mpsur.2023.12.001>
- Zhang, M., dkk. (2022). Dosimetric and radiobiological comparison of simultaneous integrated boost radiotherapy for early-stage right-side breast cancer between IMRT, hybrid IMRT, and hybrid VMAT. *Radiation Oncology*, 17, Article 60.
<https://doi.org/10.1186/s13014-022-02009-2>