

Analisis Nilai CI, HI dan DVH Organ Jantung dengan Teknik IMRT pada Pasien Kanker Payudara *Post* Mastektomi

Analysis of CI, HI, and DVH Values for the Heart Organ with IMRT Technique for Post-Mastectomy Breast Cancer Patients

Jerry Djohan¹, Naura Shafila¹, Saleha², Sri Dewi Astuty¹, Ajeng Anggreny Ibrahim¹, Ayu Hardianti Pratiwi¹, and Syamsir Dewang^{1*}

¹Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, Makassar, Sulawesi - Selatan, Indonesia 90245

²Instalasi Radioterapi, Rumah Sakit TK II Pelamonia, Makassar, Sulawesi-Selatan, Indonesia 90157

Email: jerrydarman96@gmail.com; naurashflaa@gmail.com; devadevi115@gmail.com; dewiastuti@fmipa.unhas.ac.id; ajengibrahim@unhas.ac.id; ayuhardiantip@unhas.ac.id; * dewang1163@gmail.com

Abstrak – Kanker payudara memiliki angka kejadian tinggi di Indonesia, maka diperlukan pengobatan untuk meningkatkan kelangsungan hidup pasien. Salah satu metode pengobatan yang digunakan adalah radioterapi dengan teknik Intensity Modulated Radiation Therapy (IMRT), yang bertujuan untuk memberikan dosis radiasi yang optimal pada tumor dan meminimalkan paparan radiasi pada organ sehat, seperti jantung. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis distribusi dosis pada organ at risk (OAR) jantung serta mengevaluasi kesesuaian nilai Homogeneity Index (HI) dan Conformity Index (CI) pada pasien kanker payudara pasca mastektomi yang menjalani radioterapi teknik IMRT. Penelitian dilakukan dengan menggunakan data 10 pasien post-mastektomi di Rumah Sakit TK II Pelamonia. Data dikumpulkan melalui analisis Dose Volume Histogram (DVH), yang mencakup dosis radiasi pada 98%, 50%, dan 2% dari volume target. Selain itu, dianalisis pula volume yang terpapar isodosis 95% serta persentase volume jantung yang menerima dosis 25 Gy. Data tersebut digunakan untuk menghitung nilai HI, CI, serta total dosis yang diterima oleh jantung. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai HI berkisar antara 0,14-0,45, yang menunjukkan variasi tingkat keseragaman dosis. Sebagian besar pasien memiliki nilai CI di atas 0,9 dengan rentang 0,87-0,96, yang menandakan kesesuaian dosis yang baik dengan target volume tumor. Dosis jantung yang diterima oleh semua pasien berada di bawah batas toleransi yang ditetapkan oleh QUANTEC ($V_{25} < 10\%$). Teknik IMRT efektif dalam meminimalkan dosis radiasi ke jantung dan mampu memberikan distribusi dosis yang sesuai dengan standar ICRU, dengan nilai HI dan CI yang mendekati optimal. Hasil ini menunjukkan bahwa IMRT merupakan metode yang efektif dalam terapi kanker payudara post mastektomi.

Kata kunci: Kanker payudara; post mastektomi; IMRT; jantung; HI dan CI

Abstract – Breast cancer has a high incidence rate in Indonesia, necessitating treatment to improve patient survival. One of the treatment methods used is radiotherapy with the Intensity Modulated Radiation Therapy (IMRT) technique, aimed at delivering an optimal radiation dose to the tumor while minimizing radiation exposure to healthy organs, such as the heart. This study aims to analyze the dose distribution in the organ at risk (OAR) of the heart and evaluate the conformity of the Homogeneity Index (HI) and Conformity Index (CI) values in post-mastectomy breast cancer patients undergoing IMRT. The research was conducted using data from 10 post-mastectomy patients at Pelamonia Hospital. Data were collected through Dose Volume Histogram (DVH) analysis, including radiation doses at 98%, 50%, and 2% of the target volume. Additionally, the volume exposed to a 95% isodose and the percentage of heart volume receiving a dose of 25 Gy were analyzed. This data was used to calculate HI, CI, and the total dose received by the heart. The results showed that HI values ranged from 0.14 to 0.45, indicating variability in dose uniformity. Most patients had CI values above 0.9, ranging from 0.87 to 0.96, indicating good dose conformity with the tumor volume target. The heart doses received by all patients were below the tolerance limits set by QUANTEC ($V_{25} < 10\%$). The IMRT technique effectively minimizes radiation doses to the heart while providing a dose distribution that meets ICRU standards, with HI and CI values approaching optimal levels. These findings suggest that IMRT is an effective method for treating post-mastectomy breast cancer.

Keywords: *Breast cancer; post mastectomy; IMRT; heart; HI and CI.*

1. Pendahuluan

Kanker payudara merupakan salah satu penyakit kanker yang banyak diderita oleh sebagian besar orang, terutama Wanita. Dilansir dari data Globocan tahun 2022, di Indonesia terdapat 66.271 kasus dari 220.266 kasus kanker payudara di dunia dan angka kematian sekitar 22.598 jiwa. Untuk mengurangi risiko kematian dan meningkatkan peluang keberlangsungan hidup maka diperlukan pengobatan. Pengobatan tergantung pada jenis, stadium, ukuran, dan sensitivitas kanker. Perawatan untuk kanker payudara meliputi pembedahan, kemoterapi, terapi hormon, dan radioterapi [1-3].

Pembedahan adalah terapi pertama yang diketahui dapat mengobati kanker. Namun tidak semua jenis kanker memerlukan pembedahan atau operasi, semua tergantung pada jenis kanker, stadium dan lokasi kanker. Operasi atau pembedahan ini biasanya dilakukan oleh dokter bedah onkologi untuk mencegah atau bahkan mengobati kanker. Tujuan utama pembedahan adalah diagnosis (jinak atau ganas serta jenis sel kanker), yang biasa disebut biopsi, sedangkan tujuan kedua adalah pengobatan, khususnya pengangkatan sejumlah jaringan tertentu yang dimaksudkan untuk menghambat laju pertumbuhan kanker atau menghilangkan seluruh jaringan. Tujuan ketiga adalah menentukan stadium (stadium bedah). Pada kanker ovarium stadium IA atau IB tidak memerlukan pengobatan tambahan setelah operasi, sedangkan stadium IC dan lebih tinggi memerlukan pengobatan, khususnya kombinasi radioterapi atau kemoterapi [4-5].

Metode pengobatan radioterapi merupakan perawatan kanker yang menggunakan sinar-X yang berenergi tinggi untuk membunuh sel kanker atau mengecilkan tumor. Sejumlah prosedur diperlukan untuk meningkatkan efektivitas pengobatan radioterapi. Pengobatan pasien radioterapi diawali dari Administrasi Radioterapi, lalu pasien konsultasi di Poli dengan dokter spesialis onkologi radiasi, kemudian dilakukan CT Simulasi setelah itu hasil CT simulasi dikirim ke *Treatment Planning System* (TPS). TPS merupakan modalitas penting yang menentukan hasil tindakan radioterapi. Berdasarkan basis data internasional, TPS termasuk salah satu penyebab utama terjadinya kecelakaan radiasi pada radioterapi. Oleh karena itu, TPS perlu diaudit secara dosimetri untuk memastikan akurasi dosis yang diterima oleh target serta mengurangi kemungkinan terjadinya kecelakaan radiasi pada radioterapi [6-8].

Keakurasian teknik pada TPS dipengaruhi oleh algoritma teknik yang digunakan. Akurasi algoritma teknik yang digunakan bertujuan untuk memberikan dosis yang optimal pada tumor dan dosis minimal pada organ sehat pasien. Salah satu teknik radioterapi yang umum digunakan dalam pengobatan kanker payudara adalah *Intensity Modulated Radiation Therapy* (IMRT). Teknik IMRT yang merupakan kelanjutan dari teknik 3D-CRT mempunyai kelebihan karena mampu memberikan dosis radiasi yang lebih presisi dan dapat disesuaikan intensitasnya, sehingga dosis yang diterima oleh jaringan sehat lebih rendah. Selain itu, IMRT lebih efektif untuk tumor dengan bentuk tidak beraturan atau yang dekat dengan organ vital, memungkinkan pemberian dosis yang lebih tinggi tanpa meningkatkan risiko efek samping. Teknik IMRT memberikan berkas sinarnya *non-uniform* yang bertujuan agar distribusi dosis homogen sesuai dengan bentuk PTV atau bentuk target. Efek samping dari radioterapi berpotensi menyebabkan kerusakan jaringan pada organ proses fisiologis tubuh (seperti pernapasan dan detak jantung) [9].

Penelitian yang dilakukan Errahmani dkk. (2022) yang melibatkan 116 pasien kanker payudara yang menjalani radioterapi, untuk mengeksplorasi hubungan antara paparan radiasi jantung dan risiko aritmia. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ada potensi hubungan antara paparan radiasi jantung selama terapi radiasi untuk kanker payudara dan risiko terjadinya aritmia. Peneliti menyoroti perlunya perhatian khusus terhadap pasien kanker payudara sisi kanan dan dosis atrium kanan terkait risiko aritmia jantung [10].

Berdasarkan informasi di atas, Peneliti akan melakukan penelitian tentang Analisis Nilai *Conformity index* (CI) dan *Homogeneity index* (HI) dan *Dose Volume Histogram* (DVH) Organ Jantung Teknik IMRT pada Pasien Kanker Payudara Post Mastektomi.

2. Landasan Teori

2.1. Kanker payudara

Kanker payudara (*carcinoma mammae*) merupakan jenis keganasan yang berasal dari jaringan payudara, baik dari *epitel duktus* maupun *lobulus*. Penyakit ini muncul akibat sel-sel yang kehilangan kemampuan pengendalian dan mekanisme normalnya, sehingga berkembang dengan cepat, abnormal, dan tidak terkendali. Kanker payudara menjadi jenis kanker paling sering didiagnosis pada wanita. Sel-sel abnormal

ini akan terus tumbuh hingga membentuk benjolan (tumor) pada payudara. Jika benjolan tersebut tidak segera ditangani atau dikendalikan, benjolan ini dapat berkembang menjadi kanker yang menyebar (*metastasis*) ke bagian tubuh lainnya, yang berpotensi menyebabkan kematian [11].

2.2. Radioterapi

Radioterapi adalah metode pengobatan kanker yang menggunakan radiasi pengion untuk merusak materi genetik sel kanker, menyebabkan kematian sel tersebut. Terdapat dua pendekatan utama dalam radioterapi: brakiterapi, yang menempatkan sumber radiasi langsung di dalam organ yang terkena, dan teleterapi, yang menyinari dari jarak jauh menggunakan perangkat seperti Cobalt-60, Cesium-137, dan *Linear Accelerator* (LINAC). Keberhasilan radioterapi bergantung pada pemberian dosis radiasi yang akurat pada sel target sambil meminimalkan paparan pada jaringan sehat di sekitarnya. Penentuan teknik dan dosis mempertimbangkan berbagai faktor seperti jenis kanker, risiko kerusakan jaringan sekitar, lokasi tumor, kondisi kesehatan umum, dan riwayat medis pasien untuk memastikan efektivitas pengobatan sekaligus meminimalkan efek samping [12-13].

2.3 Intensity Modulated Radiation Therapy (IMRT)

Intensity Modulated Radiation Therapy adalah teknik terapi radiasi yang disesuaikan untuk pengobatan kanker dan tumor. IMRT merupakan teknologi pemberian radiasi dengan memodulasi intensitas berkas sehingga bentuk berkas radiasi dapat menyesuaikan dengan bentuk target. Salah satu keunggulan dari teknik ini adalah penggunaan *Multileaf Collimator* (MLC), yang dapat menyesuaikan bentuk berkas dengan lebih tepat, sehingga mengurangi risiko kerusakan pada jaringan sehat di sekitarnya. IMRT memastikan bahwa hanya sel-sel kanker atau tumor yang mendapatkan dosis radiasi tinggi, sementara jaringan sehat di sekitarnya menerima dosis radiasi yang lebih rendah [8].

2.4. Mastektomi

Mastektomi adalah prosedur pembedahan yang dilakukan untuk mengangkat sebagian atau seluruh jaringan payudara, terutama dalam kasus kanker payudara yang bersifat ganas, dengan tujuan untuk mencegah penyebaran sel kanker ke bagian tubuh lainnya. Meskipun mastektomi dapat memberikan tingkat kesembuhan yang cukup tinggi, yakni sekitar 85% hingga 87%, prosedur ini sering kali menyebabkan pasien kehilangan sebagian atau seluruh payudara. Mastektomi dapat dilakukan ketika seorang wanita tidak dapat menjalani operasi konservasi payudara (*lumpektomi*), yang mempertahankan sebagian besar jaringan payudara. Selain itu, seorang wanita dapat memilih mastektomi daripada operasi konservasi payudara karena alasan pribadi. Bagi wanita yang memiliki risiko tinggi terkena kanker payudara di masa depan, ada yang memutuskan untuk menjalani mastektomi ganda, yaitu pengangkatan kedua payudara [14].

2.5. Analisis dosimetri

Analisis distribusi dosis pada PTV dapat dilihat dari nilai CI dan HI. CI mengacu pada perbandingan antara volume target yang menerima dosis yang diharapkan dan total volume target yang terkena radiasi. Conformity sendiri memiliki nilai ideal 1. Nilai ini menunjukkan bahwa PTV menerima 100% dosis yang diinginkan tanpa mempengaruhi jaringan sehat lainnya. Nilai CI, sebagaimana ditentukan oleh Laporan ICRU *report* 62, [15] Perhitungan untuk memperoleh nilai CI menggunakan Persamaan (1).

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

dengan $V_{95\%}$ adalah volume yang terpapar oleh *isodosis* 95% (cm^3), dan V_{PTV} adalah volume total PTV (cm^3).

HI mengukur sejauh mana dosis yang diterima oleh PTV yang merata, dengan nilai yang paling diinginkan adalah 0 sesuai dengan ICRU 83, menunjukkan distribusi dosis yang konsisten. Perhitungan untuk memperoleh nilai HI menggunakan Persamaan [16].

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

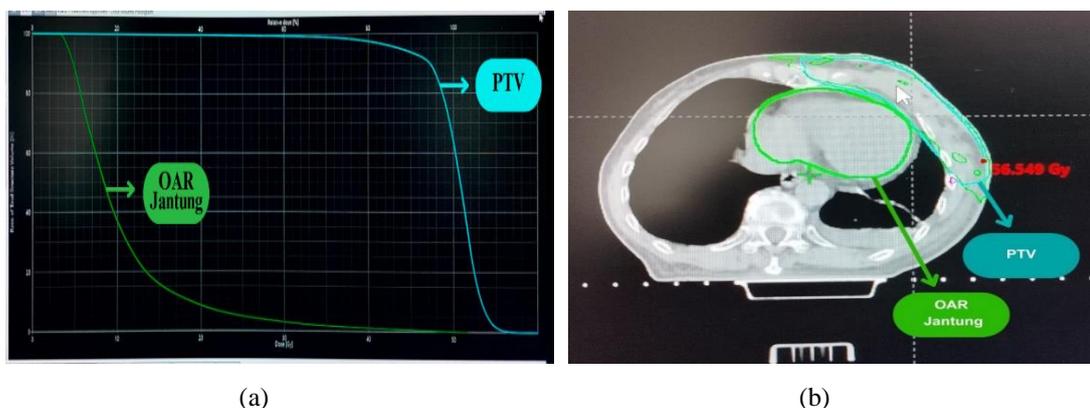
dengan $D_{2\%}$ adalah dosis yang mencakup 2% volume PTV (Gy), $D_{98\%}$ adalah dosis yang mencakup 98% volume PTV (Gy), dan $D_{50\%}$ adalah dosis yang mencakup 50% volume PTV (Gy).

3. Metode

Data yang digunakan merupakan data sekunder yang diperoleh dari instalasi radioterapi Rumah Sakit TK II Pelamonia Makassar. Jumlah pasien sebanyak 10 pasien, dengan kanker payudara kiri post mastektomi menggunakan teknik IMRT dengan dosis 50 Gy dan 25 kali fraksinasi yang tiap fraksinasinya diberikan 2 Gy dalam sepekan 5 kali penyinaran. Langkah-langkah penelitian dimulai dengan pendaftaran pasien di bagian administrasi kemudian anamnesis oleh dokter spesialis onkologi radiasi, selanjutnya pasien kanker payudara diambil citranya menggunakan CT simulator, Citra *Digital Imaging Communication In Medicine* (DICOM) dari CT simulator setelah itu dikirim ke virtual simulator untuk penggambaran target tumor dan OAR disekitar tumor oleh dokter spesialis onkologi radiasi. Prosedur selanjutnya yang dilakukan adalah pengiriman data ke TPS yang menggunakan *software eclips* untuk dibuat perencanaan dengan teknik IMRT. Dari masing- masing pasien diperoleh Data DVH perencanaan radioterapi menunjukkan nilai dosis yang diterima oleh PTV dan OAR. Hasil perencanaan TPS dianalisis menggunakan kurva DVH untuk menentukan nilai CI, HI, serta dosis yang diterima oleh OAR jantung. Hasil analisis kemudian dibandingkan dengan ketentuan ICRU *report 62* dan *83* dan QUANTEC sehingga terlihat sebaran dosis pada setiap pasien yang menerima radiasi.

4. Hasil Dan Pembahasan

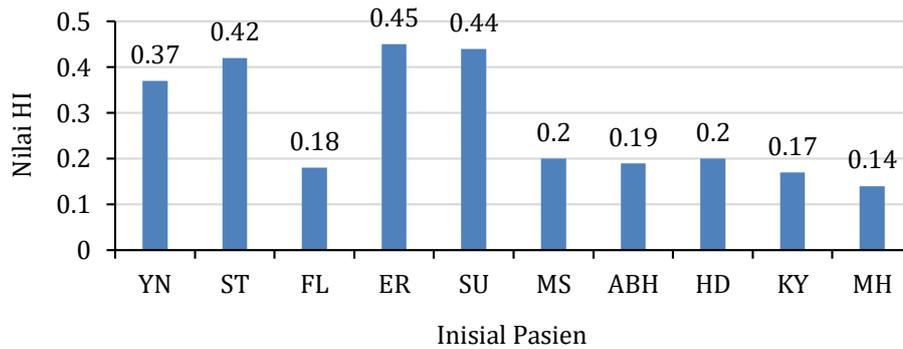
Perencanaan radioterapi telah dilakukan pada 10 pasien dengan kanker payudara kiri menggunakan teknik IMRT dengan dosis 50 Gy dan 25 kali fraksinasi. Teknik ini melibatkan pengaturan sudut penyinaran secara manual oleh fisikawan medis, yang memungkinkan pemberian dosis radiasi yang lebih akurat dan fokus pada jaringan tumor, sambil mengurangi dosis yang diterima oleh jaringan sehat di sekitarnya. Kemudian hasil perencanaan dianalisis untuk mengevaluasi efektivitas teknik IMRT dalam pengobatan kanker payudara. Data dari perencanaan ini dianalisis menggunakan kurva DVH untuk menentukan nilai CI, HI, serta dosis yang diterima oleh OAR jantung. Untuk contoh Grafik DVH dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. (a) Kurva DVH yang menampilkan PTV dan OAR Jantung dan (b) PTV dan OAR di citra pasien.

4.1. Analisis nilai homogeneity index (HI)

Analisis homogenitas merupakan parameter yang digunakan dalam perencanaan terapi radiasi untuk mengevaluasi distribusi dosis pada volume target. HI menggambarkan keseragaman dosis yang diterima oleh volume target. Semakin kecil nilai HI, semakin seragam dosis yang diterima oleh target. HI memastikan bahwa volume target menerima dosis yang cukup untuk mencapai efek pengobatan maksimal dan jaringan sehat di area sekitarnya terlindungi dari paparan radiasi berlebihan [17]. Analisis dimulai dengan mengumpulkan data dari kurva DVH berupa nilai volume. Pembacaan data pada kurva DVH dilakukan dengan cara yang sama yaitu selisih volume target saat menerima dosis maksimum ($D_{2\%}$) dan dosis minimum ($D_{98\%}$) kemudian dibagi rata-rata volume ($D_{50\%}$), setelah nilai didapatkan diolah menggunakan persamaan 2 sehingga didapatkan hasil seperti pada Gambar 2.



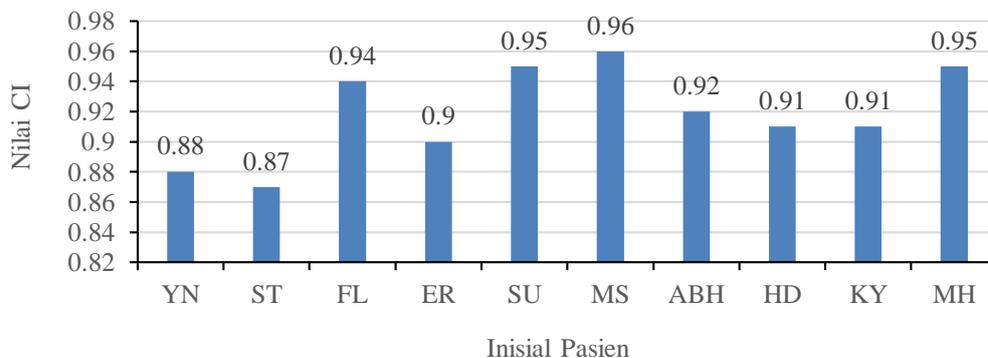
Gambar 2. Grafik nilai *Homogeneity indeks* (HI).

Gambar 2 menampilkan grafik nilai HI, untuk 10 sampel pasien yang menampilkan HI pada sepuluh pasien yang menerima terapi radiasi dengan teknik IMRT, sebagian besar pasien menunjukkan distribusi dosis yang cukup homogen. Nilai HI bervariasi antara 0,14 hingga 0,83, dengan nilai terendah ditemukan pada pasien MH (0,14) dan nilai tertinggi pada pasien ER (0,45). Pasien dengan nilai HI rendah, seperti FL (0,18), KY (0,17), dan MH (0,14), menunjukkan distribusi dosis yang hampir ideal, di mana dosis radiasi diterima secara merata di seluruh volume target. Sebaliknya, pasien. Nilai HI pada hasil penelitian lebih mendekati 0 dan tidak melebihi angka 1 [18]. Ketika nilai HI meningkat, artinya dosis yang diterima menjadi semakin tidak merata selama proses pengobatan. Ketidakmerataan dalam dosis ini dapat berpotensi menyebabkan kegagalan dalam pengobatan.

Hasil penelitian sesuai dengan ketentuan ICRU 83 bahwa nilai HI yang merepresentasikan homogenitas dosis dalam volume target dengan nilai idealnya adalah 0, yang berarti seluruh dosis pada volume target homogen [19]. Kehomogenan pada teknik IMRT terjadi karena adanya optimasi dalam TPS yang memaksa agar dosis yang diterima oleh pasien sama di setiap arah sinarnya. Teknik penyinaran IMRT lebih baik digunakan karena pada teknik IMRT terdapat algoritma perencanaan komputerasi dosis yang lebih canggih yaitu secara *inverse*. Perencanaan *inverse* dilakukan dengan menginput jumlah dan sudut penyinaran serta dosis pada PTV dan OAR. Setelah itu, proses optimasi IMRT dimulai, yang memberikan gambaran kurva DVH. Jika hasilnya tidak sesuai dengan yang diharapkan, dosis pada OAR dapat disesuaikan kembali.

4.2. Analisis nilai *conformity index* (CI)

Analisis nilai CI dilakukan untuk menilai sejauh mana dosis yang diberikan mencakup volume target pada kanker payudara. Data volume diperoleh dari kurva DVH untuk setiap pasien kanker payudara. Pengambilan dan pembacaan data volume pada kurva DVH dilakukan dengan cara yang sama, yaitu membandingkan volume target pada isodosis 95% dengan volume total yang telah diberikan radiasi. Data PTV diolah menggunakan Persamaan 1 sehingga menghasilkan nilai CI seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik nilai *Conformity index* (CI).

Gambar 3 dapat dilihat nilai CI untuk pasien bervariasi antara 0,87 hingga 0,96. Nilai CI tertinggi ditemukan pada pasien dengan inisial MS, yaitu sebesar 0,96, yang menunjukkan kesesuaian yang sangat baik antara dosis radiasi yang diberikan dengan target volume tumor. Sebaliknya, nilai CI terendah terdapat pada pasien ST dengan nilai 0,87 yang berarti hanya 87% volume kanker yang mendapatkan dosis radiasi minimum yang menunjukkan adanya deviasi dalam kesesuaian dosis, meskipun masih dalam batas yang dapat diterima yaitu mendekati 1 atau 100% yang artinya hasil penelitian menunjukkan kesesuaian dengan ICRU report 62. Pasien dalam penelitian ini sebagian besar memiliki nilai CI di atas 0,9 yang menunjukkan bahwa kualitas perencanaan terapi radiasi secara umum cukup baik.

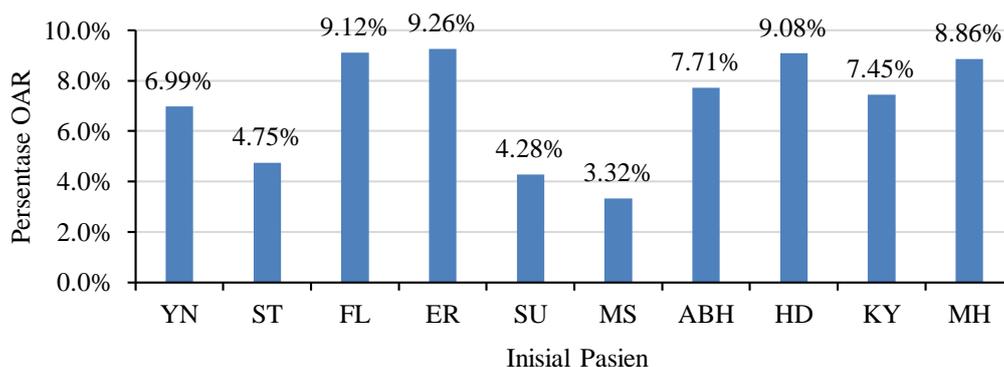
Apabila nilai CI terlalu rendah, hal ini menunjukkan bahwa dosis radiasi yang diberikan pada target tidak mencakup seluruh area kanker secara optimal, sehingga sel kanker mungkin tidak menerima dosis yang tepat. Pada teknik IMRT, sistem ini dilengkapi dengan MLC, sebuah perangkat yang memiliki daun-daun logam bergerak. Daun-daun ini dirancang untuk menyesuaikan bentuk dan ukuran lapangan penyinaran sesuai dengan kontur dan dimensi target tumor secara *real time*. Dengan adanya segmen yang lebih kecil serta kemampuan MLC untuk mengikuti bentuk target yang tidak beraturan, teknik ini mampu memberikan penyinaran yang sangat presisi. Hal ini memungkinkan peningkatan dosis radiasi pada area target tumor secara maksimal, sambil meminimalkan paparan radiasi ke jaringan sehat di sekitarnya. Software perencanaan pada komputer membagi berkas radiasi menjadi segmen-segmen kecil untuk mencapai distribusi dosis yang lebih baik. Dengan cara ini, seluruh area kanker dapat menerima dosis radiasi yang optimal. Dosis radiasi yang direncanakan tepat, sehingga mengenai seluruh target kanker [20-21].

4.3. Analisis nilai OAR jantung

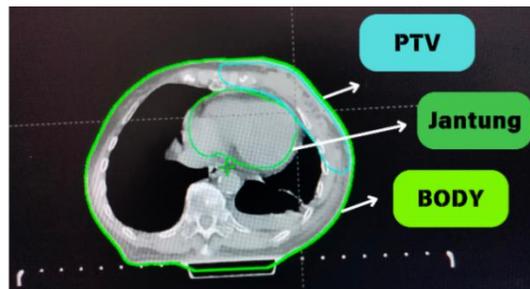
Analisis OAR jantung sangat penting dalam perencanaan radioterapi, terutama untuk pasien kanker pada bagian dada. Jantung adalah organ yang sangat penting dan sensitif terhadap paparan radiasi. Dosis radiasi yang tinggi ke jantung dapat menyebabkan komplikasi kardiovaskular jangka panjang seperti penyakit jantung koroner, kardiomiopati, dan penyakit katup jantung. Risiko toksisitas jantung berhubungan dengan dosis kumulatif radiasi yang diterima. Semakin tinggi dosis radiasi ke jantung, semakin tinggi pula risiko komplikasi kardiovaskular jangka panjang. Oleh karena itu, penting untuk meminimalkan dosis ke jantung selama radioterapi [23].

Nilai dosis untuk jantung yang disyaratkan dalam konteks radioterapi menurut QUANTEC adalah $V_{25} < 10\%$. Ini berarti bahwa volume jantung yang menerima dosis radiasi 25 Gy harus kurang dari 10% dari total volume jantung. Dalam pengaturan dosis, penting untuk memastikan bahwa dosis yang diterima oleh organ-organ sensitif, seperti jantung, tetap di bawah batas yang ditetapkan untuk meminimalkan risiko efek samping dan komplikasi jangka panjang akibat radiasi [23].

Pada Gambar 4 tampak grafik nilai dari oar yang diperoleh dari kurva DVH semua pasien menunjukkan persentase dosis ke jantung berada pada batasan yang disarankan ($V_{25} < 10\%$). Grafik menunjukkan beberapa pasien yang mendekati abang batas yang telah di tentukan yaitu pasien dengan inisial FL, ER dan HD diatas angka 9% dan paling rendah pada pasien MS dengan angka 3,32 % yang mendapat dosis 25 Gy. Hal ini dikarenakan letak target kanker payudara dekat dengan jantung sehingga OAR sulit untuk dilindungi. Contoh dapat diamati Citra OAR pasien ER dilihat pada Gambar 5.



Gambar 4. Grafik persentase OAR jantung yang menerima dosis 25 Gy.



Gambar 5. Citra pasien ER untuk PTV dan OAR.

5. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian pada 10 pasien *post* mastektomi kanker payudara kiri yang menjalani radioterapi dengan teknik IMRT, peneliti mendapatkan nilai HI dan CI sesuai dengan standar ICRU, menunjukkan kesesuaian target dan sebaran dosis pada tumor. Dosis yang diterima jantung sebagai OAR juga memenuhi batas toleransi QUANTEC, hal ini menunjukkan efektivitas IMRT dalam meminimalkan paparan radiasi pada jantung dinilai baik.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada seluruh staf di Instalasi Radioterapi Rumah Sakit TK II Pelamonia Makassar yang telah memberikan limpahan bantuan fasilitas dan izin dalam melakukan penelitian ini, serta seluruh dosen civitas akademik Departemen Fisika, FMIPA, Unhas yang telah membantu dan mengarahkan dengan sangat baik sehingga proses penelitian dan penulisan terselesaikan dengan baik dan lancar.

Pustaka

- [1] N. H. Apriantoro and Y. Kartika, Teknik Radioterapi Kanker Payudara Post Mastektomi dengan Teknik Intensity Modulated Radiation Therapy, *Indonesian Journal for Health Sciences*, vol. 7, no. 1, 2023, pp. 22–28,
- [2] Globocan, “Globocan,” Data kanker. [Online]. Available: https://gco.iarc.fr/today/en/dataviz/pie?mode=cancer&group_populations=1, diakses 20 September 2024.
- [3] S. Aras, İ. O. Tanzer, and T. İközceli, Dosimetric Comparison of Superflab and Specially Prepared Bolus Materials Used in Radiotherapy Practice, *Eur J Breast Health*, vol. 16, no. 3, 2020, pp. 167–170.
- [4] H. Rahmawati, D. ER, and R. D. Pakasi, Kanker Ovarium Disgerminoma, *Indonesian Journal of Clinical Pathology and Medical Laboratory*, vol. 19, 2016, no. 1.
- [5] Kementerian Kesehatan RI, “Panduan Nasional Penanganan Kanker Payudara,” 2015, [Online]. Available: <http://kanker.kemkes.go.id/guidelines/PNPKPayudara.pdf>, Diakses 20 September 2024.
- [6] Y. E. Daniartie *et al*, Analisis Treatment Planning System dengan Menggunakan Teknik Box dan Teknik Antero Posterior-Postero Anterior pada Kasus Kanker Serviks, *Progressive Physics Journal*, vol. 3, no. 1, 2022, p. 118.
- [7] I. Wulandari, N. Heru Apriantoro, S. Sriyatun, and M. Haris, Penatalaksanaan Radioterapi Kanker Payudara Teknik Imrt, *JRI (Jurnal Radiografer Indonesia)*, vol. 6, no. 1, 2023, pp. 15–21.
- [8] D. Agustini, A. Winanda, and L. Prananto, Penatalaksanaan Radioterapi pada Kanker Payudara dengan Teknik IMRT Di Instalasi Radioterapi Rumah Sakit Gading Pluit, *JUMANTIK : Jurnal Mahasiswa dan Penelitian Kesehatan*, vol. 8, no. 1, 2021, pp. 36–39.

- [9] H. Lia Dwikuntari, Ana Rima Setijadi, External beam radiation therapy, *Advances in Accelerators and Medical Physics*, vol. 02, no. 02, 2017, pp. 375–392.
- [10] M. Y. Errahmani *et al.*, Association Between Cardiac Radiation Exposure and the Risk of Arrhythmia in Breast Cancer Patients Treated With Radiotherapy: A Case–Control Study, *Front Oncol*, vol. 12, 2022, pp. 1–9.
- [11] N. A. P. Adi Rizka, Muhammad Khalilul Akbar, Carcinoma Mammae sinistra T4bN2M1 Metastasis Pleura, *AVERROUS: Jurnal Kedokteran dan Kesehatan Malikussaleh*, vol. 8, no. 1, 2022, pp. 23–31.
- [12] O. Febrietri, D. Milvita, and F. Diyona, Analisis Dosis Radiasi Paru-Paru Pasien Kanker Payudara dengan Teknik Three Dimensional Conformal Radiation Therapy (3D-CRT) Berdasarkan Grafik Dose Volume Histogram (DVH), *Jurnal Fisika Unand*, vol. 9, no. 1, 2020, pp. 110–117.
- [13] Y. Asri *et al.*, Perbandingan Radiasi Kanker Serviks Pada Organ Bladder Dengan Radioterapi LINAC Energi 10 MV Menggunakan Teknik 3DCRT dan IMRT Di RSUP Sanglah Denpasar Comparison of Cervical Cancer Radiation in Bladder Organs with 10 MV LINAC Energy Radiotherapy Using 3D, *Buletin Fisika*, vol. 19, no. 2, 2018, pp. 98–105.
- [14] I. Y. P. Solehah, W. Kusumastuti, and M. Esterina, “Subjective Well-Being Pasien Kanker Pasca Mastektomi, *Borobudur Psychology Review*, vol. 2, no. 2, 2022, pp. 82–93.
- [15] ICRU report 62, *Prescribing, Recording and Reporting Photon Beam Therapy (Supplement to ICRU 50)*, The International Commission on Radiation Units and Measurements. USA, 1999.
- [16] ICRU Report 83, *Prescribing, Recording and Reporting Photon Beam Intensity Modulated Radiation Therapy (IMRT)*, The International Commission on Radiation Units and Measurements. USA, 2010.
- [17] S. Yani, Analisis Kurva Dose Volume Histogram (DVH) pada Teknik 3D Konformal dengan Metode Monte Carlo, *Positron*, vol. 11, 2021, no. 1, p. 19.
- [18] S. N. Chen, P. Ramachandran, and P. Deb, Dosimetric comparative study of 3DCRT, IMRT, VMAT, Ecomp, and hybrid techniques for breast radiation therapy, *Radiat Oncol J*, vol. 38, no. 4, 2020, pp. 270–281.
- [19] Z. Aulia and G. Illya, Evaluasi Pengaruh Penggunaan Bolus Terhadap Nilai Homogeneity Index , Conformity Index , Dan Mean Dose Oar Pada Tps Imrt Untuk Pasien Post-Mastectomy, *jurnal Kesehatan Tambusai*, vol. 5, no. 2, 2024, pp. 3999–4014.
- [20] J. Booth *et al.*, MLC tracking for lung SABR is feasible, efficient and delivers high-precision target dose and lower normal tissue dose, *Radiotherapy and Oncology*, vol. 155, 2021, pp. 131–137.
- [21]] S. Han-Oh, *et al.*, Verification of MLC based real-time tumor tracking using an electronic portal imaging device, *Med Phys*, vol. 37, no. 6, 2010, pp. 2435–2440.
- [22] E. Supriyaningsih *et al.*, Comparison Of Risk Organ Distribution With Target Volume Size Variations Using Rapid Arc And Imrt Techniques For Case Of Lung Cancer, *SANITAS : Jurnal Teknologi dan Seni Kesehatan*, vol. 09, 2018, pp. 64–71.
- [23] K. M. Atkins *et al.*, Association of Left Anterior Descending Coronary Artery Radiation Dose with Major Adverse Cardiac Events and Mortality in Patients with Non-Small Cell Lung Cancer, *JAMA Oncol*, vol. 7, no. 2, 2021, pp. 206–219.