

Analisis Parameter Perencanaan dan Evaluasi Kurva *Dose Volume Histogram* Pasien Kanker Glioblastoma Berdasarkan *Treatment Planning System*

Intan Pratiwi Riani¹, Winny Rahmadani Papesta¹, Hanifa Shafira¹, Rico Adrial^{1*},
Muhammad Ilyas²

¹Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas,
Limau Manis, Padang-25163, Indonesia

²Rumah Sakit Universitas Andalas, Padang, Indonesia

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 5 Juni 2024
Direvisi: 10 Juli 2024
Diterima: 14 Agustus 2024

Kata kunci:

Conformity Index
Glioblastoma
Homogeneity Index
Normal Tissue Integral Dose.

Keywords:

Conformity Index
Glioblastoma Multiforme
Homogeneity Index
Normal Tissue Integral Dose.

Penulis Korespondensi:

Rico Adrial
Email: Ricoadrial@sci.unand.ac.id

ABSTRAK

Kanker Glioblastoma (GBM) merupakan tumor otak ganas yang berkembang secara agresif dan memiliki harapan hidup yang pendek sehingga memerlukan penanganan yang tepat untuk pengobatannya. Tujuan penelitian ini untuk menentukan teknik pengobatan yang lebih efektif pada pasien kanker GBM dengan membandingkan teknik penyinaran *Three Dimension Conformal Radiation Therapy* (3D-CRT) dan *Intensity Modulated Radiation Therapy* (IMRT) berdasarkan parameter nilai *Conformity Index* (CI), *Homogeneity Index* (HI), dosis maksimum dan *Normal Tissue Integral Dose* (NTID) jaringan sehat, serta kurva *Dose Volume Histogram* (DVH) yang diperoleh dari *Treatment Planning System* (TPS). Penelitian ini menggunakan 10 data pasien kanker GBM menggunakan berkas foton 6 MV dan total dosis yaitu 60 Gy. Data yang digunakan adalah volume kanker pada saat 95% dosis radiasi diberikan, volume total kanker, dosis radiasi pada saat 2%, 50%, 98%, dosis rata-rata dan volume *Organ at Risk* (OAR). Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai CI pada teknik 3DCRT yaitu 0,87-1,00 dan teknik IMRT 0,92-0,98. Nilai HI untuk teknik 3DCRT adalah 0,02-0,07 dan teknik IMRT 0,01-0,05. Persentase nilai dosis maksimum untuk teknik 3D-CRT adalah antara 104,72% sampai dengan 108,95% sedangkan pada teknik IMRT adalah antara 98,40% sampai dengan 108,60%. Nilai NTID yang didapatkan pada kedua teknik tidak melebihi batasan dosis yang ditetapkan dan sesuai dengan *Radiation Therapy Oncology Group (RTOG) 0825 dan 0615*. Teknik IMRT lebih efektif dibandingkan teknik 3DCRT untuk pasien kanker GBM berdasarkan pada nilai CI, HI dan dosis maksimum.

Glioblastoma cancer (GBM) is a malignant brain tumour that develops aggressively and has a short life expectancy so it requires appropriate treatment for its treatment. The purpose of this study was to determine a more effective treatment technique in GBM cancer patients by comparing Three Dimension Conformal Radiation Therapy (3D-CRT) and Intensity Modulated Radiation Therapy (IMRT) irradiation techniques based on the parameters of Conformity Index (CI), Homogeneity Index (HI), maximum dose and Normal Tissue Integral Dose (NTID) of healthy tissue, as well as Dose Volume Histogram (DVH) curves obtained from the Treatment Planning System (TPS). This study used 10 GBM cancer patient data using a 6 MV photon beam and a total dose of 60 Gy. The data used are the volume of cancer when 95% of the radiation dose is given, the total volume of cancer, the radiation dose at 2%, 50%, 98%, the average dose and the volume of Organ at Risk (OAR). The results showed that the CI value for 3DCRT technique was 0.87-1.00 and IMRT technique was 0.92-0.98. HI value for 3DCRT technique is 0.02-0.07 and IMRT technique is 0.01-0.05. The percentage of the maximum dose value for the 3D-CRT technique is between 104.72% to 108.95% while the IMRT technique is between 98.40% to 108.60%. The NTID values obtained in both techniques did not exceed the established dose limits and were in accordance with the Radiation Therapy Oncology Group (RTOG) 0825 and 0615. IMRT technique is more effective than 3DCRT technique for GBM cancer patients based on CI, HI and maximum dose values.

Copyright © 2024 Author(s).

I. PENDAHULUAN

Kanker otak merupakan pertumbuhan abnormal yang bersifat ganas pada sel-sel otak (Davis, 2018). Menurut laporan *Global Burden Cancer* (GLOBOCAN (Global Cancer Observatory) Homepage, 2020) dari *World Health Organization* (WHO), kanker otak di Indonesia menempati ke-15 dengan 5.964 kasus serta jumlah kematian tertinggi pada urutan ke-12 dengan 5.298 kasus. Kanker otak memiliki beberapa tingkatan, salah satunya adalah kanker Glioblastoma (GBM). Kanker GBM merupakan tumor ganas yang tumbuh dari sel glial yang berfungsi untuk menjaga kesehatan sel-sel saraf pada otak (Low dkk., 2022). Menurut WHO, kanker GBM dikategorikan sebagai tumor otak stadium 4. Pengobatan kanker GBM dapat dilakukan dengan pembedahan, radioterapi, kemoterapi serta kombinasi dari pengobatan tersebut (Tan dkk., 2020).

Radioterapi merupakan pengobatan menggunakan sinar radiasi pengion yang bertujuan untuk membunuh sel kanker. Prinsip dasar dari radioterapi yaitu memberikan dosis radiasi semaksimal mungkin pada jaringan tumor dengan meminimalkan dosis yang diterima pada *Organ At Risk* (OAR) atau yang lebih dikenal dengan prinsip ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*). Salah satu alat radioterapi yang digunakan untuk pengobatan adalah pesawat terapi *Linear Accelerator* (LINAC). LINAC dapat diatur dengan presisi untuk mengarahkan radiasi secara spesifik pada tumor sehingga mengurangi dampaknya pada jaringan sehat di sekitarnya. Teknik penyinaran pada LINAC terdiri atas 2, yaitu *Three Dimension Conformal Radiation Therapy* (3D-CRT) dan *Intensity Modulated Radiation Therapy* (IMRT). Sebelum melakukan tindakan radioterapi perlu dilakukan perencanaan yang dikenal dengan *Treatment Planning System* (TPS).

TPS merupakan sistem pada komputer yang berfungsi untuk merancang pengobatan menggunakan 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 (BAPETEN, 2013). Histogram yang didapatkan dalam bentuk kurva *Dose Volume Histogram* (DVH). Menurut *International Commission on Radiation Units and Measurement* (ICRU Report 83, 2010) Report No. 83, parameter yang digunakan dalam perencanaan dan evaluasi dari kurva DVH adalah kesesuaian distribusi dosis dengan bentuk target atau *Conformity Index* (CI), keseragaman dosis dalam volume target atau *Homogeneity Index* (HI) dan dosis radiasi pada organ berisiko di dekat target atau *Organ at Risk* (OAR). Meskipun pengobatan radioterapi bertujuan untuk memberikan dosis maksimum pada target, OAR disekitarnya juga akan menerima sebagian dosis. *Normal Tissue Integral Dose* (NTID) diperlukan untuk menghitung jumlah total dosis yang diterima oleh OAR untuk mengevaluasi paparan yang berlebihan yang dapat menyebabkan efek samping jangka panjang.

Husni dkk (2021) menjelaskan tentang perbandingan nilai CI, HI dan dosis maksimum pada teknik 3D-CRT dan IMRT pada kasus kanker payudara berdasarkan hasil TPS dengan menggunakan 15 data pasien. Hasil penelitian menyatakan bahwa sebanyak 8 pasien pada teknik 3D-CRT dan 1 pasien teknik IMRT menerima dosis radiasi dibawah 95% yang dilihat berdasarkan nilai CI. Hal tersebut tidak sesuai dengan ICRU Report 62 yang merekomendasikan agar sebuah PTV menerima presentase dosis dengan rentang 95% sampai 107%. Nilai HI yang didapatkan pada teknik 3D-CRT lebih tinggi daripada teknik IMRT. Nilai ideal pada HI adalah 0 yang menunjukkan bahwa dosis yang diterima pada kanker adalah homogen. Semakin tinggi HI, maka dosis radiasi pada target semakin tidak homogen. Nilai dosis maksimum yang diperoleh seluruh pasien pada kedua teknik melebihi dosis yang direkomendasikan oleh ICRU Report 62.

Savitri dkk (2022) melakukan penelitian tentang perencanaan radioterapi pada teknik 3D-CRT dan IMRT dengan 30 pasien kanker serviks yang membandingkan analisis distribusi dosis OAR yaitu rektum. Hasil penelitian pada rektum rata-rata presentase dosis yang didapatkan pada teknik 3D-CRT lebih kecil daripada teknik IMRT yaitu 96% dan 87%. Tetapi, pada penelitian tidak menjelaskan batasan dosis dan acuan yang dipakai untuk rektum.

Effina dkk (2022) telah melakukan penelitian mengenai distribusi dosis radiasi foton pada TPS menggunakan teknik 3D-CRT dan teknik IMRT untuk terapi kanker serviks. Pada hasil penelitian didapatkan nilai NTID pada teknik IMRT lebih kecil daripada nilai NTID teknik 3D-CRT yang dapat mengurangi paparan yang berlebihan pada jaringan normal. Tetapi, persentase dosis rata-rata pada kandung kemih dan rektum masih tinggi yaitu diatas 80%.

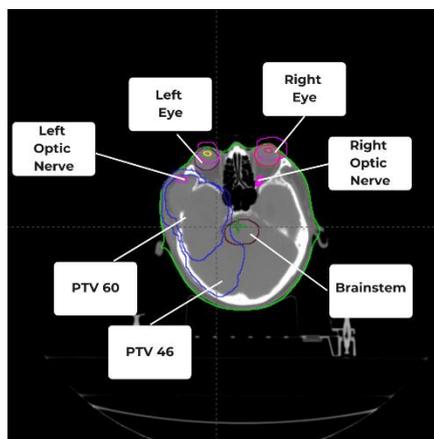
Majumdar dkk (2022) telah melakukan penelitian membandingkan teknik 3D-CRT dan teknik IMRT pada pasien kanker payudara sebelah kiri di India timur. Hasil yang didapatkan nilai *Integral Dose* (ID) pada teknik 3D-CRT lebih kecil daripada teknik IMRT yaitu 82,75 GyL dan 113,68 GyL.

Penelitian CI, HI dan NTID yang telah dilakukan (Effina dkk., 2022) pada kanker serviks, namun penelitian pada kanker GBM belum dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis nilai CI, HI, dosis maksimum dan NTID dengan beberapa OAR (mata, saraf optik dan batang otak). Nilai yang didapatkan dianalisis pada kedua teknik untuk mendapatkan teknik yang sesuai dengan ICRU *Report 62*, ICRU *Report 83* dan RTOG 0825 dan 0615. Nilai dari parameter tersebut dibandingkan untuk mendapatkan teknik yang lebih efektif untuk pengobatan kanker GBM.

II. METODE

Penelitian dilakukan selama 4 bulan di Instalasi Radioterapi Rumah Sakit Universitas Andalas. Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu seperangkat komputer yang disertai *Software Eclipse* untuk proses *contouring*, mengolah data dan menampilkan kurva DVH. Data yang digunakan adalah data rekam medis pasien kanker GBM sebanyak 10 pasien. Data rekam medis yang diambil adalah citra diagnosis dari CT-scan yang kemudian digunakan untuk perencanaan pada CT-Simulator. CT-Simulator menghasilkan citra yang memvisualisasikan kanker dan organ sehat disekitarnya secara akurat serta posisi dan fiksasi pasien selama simulasi dan perawatan. Citra tersebut dikontur untuk perencanaan teknik 3DCRT dan IMRT.

Penelitian dimulai dengan pengambilan citra otak pada pasien kanker GBM dengan CT-Simulator. Pengambilan citra tersebut dilakukan oleh radioterapis dan dikirim ke TPS *Eclipse* untuk dilakukan pengkonturan. Pengkonturan dilakukan untuk menggambarkan batasan volume pada PTV dan OAR yaitu mata, saraf optik, batang otak dan kanker. Hasil kontur digunakan untuk perencanaan terapi dengan teknik IMRT. Gambar pengkonturan salah satu pasien kanker GBM dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Pengkonturan PTV dan OAR pada pasien kanker GBM

Pada perencanaan IMRT diatur jumlah fraksi atau banyaknya penyinaran yang dilakukan. Penyinaran kasus kanker GBM pada RS UNAND dilakukan sebanyak 30 kali fraksi dengan jumlah dosis radiasi 2 Gy tiap fraksinya sehingga total dosis radiasi yang diberikan sebesar 60 Gy (RTOG 0825, 2010). Setelah pengaturan dosis radiasi kemudian diatur jumlah lapangan atau jumlah sudut penyinaran yaitu sebanyak 5 lapangan dengan sudut yang berbeda-beda. Kemudian dilakukan pengaturan dosis radiasi terhadap target kanker dan organ berisiko di sekitar kanker yaitu mata, saraf optik dan batang otak. Dosis yang direkomendasikan oleh RTOG dapat dilihat pada Tabel 1 (RTOG 0615, 2011; RTOG 0825, 2010).

Tabel 1 Dosis yang direkomendasikan oleh RTOG

OAR	Dosis maksimum (Gy)	RTOG
Brainstem	60	0825
Optic Nerve	55	0825
Eye	54	0615

Data perencanaan teknik 3D-CRT dibuat oleh fisikawan medis dan data perencanaan IMRT dibuat oleh peneliti dibantu oleh fisikawan medis. Data diperoleh dari kurva DVH pada setiap pasien kanker GBM. Kurva DVH adalah grafik yang menggambarkan distribusi dosis radiasi di dalam tubuh pasien. Data yang digunakan yaitu volume kanker pada 95%, volume PTV, dosis radiasi pada 2%, 50%, dan 98 %, *Mean dose* dan volume OAR serta NTID. Data yang didapatkan digunakan untuk menghitung nilai CI, HI dan NTID dengan menggunakan Persamaan 1, 2 dan 3.

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

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

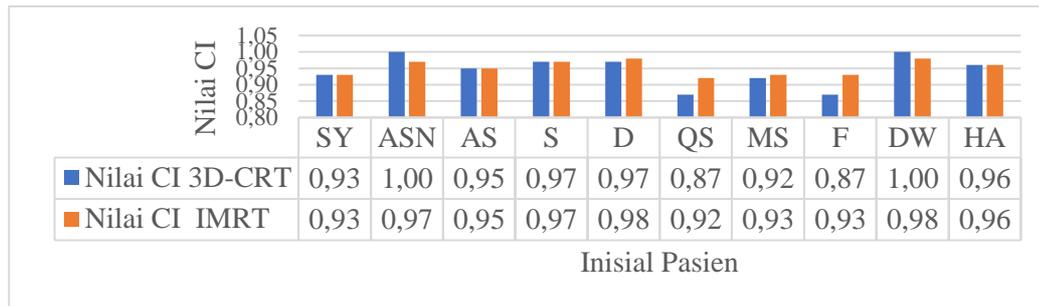
$$NTID = \text{Mean Dose} \times \text{Volume OAR} \quad (3)$$

CI (*Conformity Index*) merupakan indeks keseragaman distribusi dosis radiasi pada kanker, $V_{95\%}$ adalah volume kanker yang menerima dosis 95% dan volume total pada kanker (volume PTV). HI adalah *Homogeneity Index*, $D_{2\%}$ merupakan dosis radiasi yang melingkupi 2% volume target, $D_{50\%}$ yaitu dosis radiasi yang melingkupi 50% volume target, dan $D_{98\%}$ adalah dosis radiasi yang melingkupi 98% volume target. NTID adalah *Normal Tissue Integral Dose* dengan dosis rata-rata dikali dengan volume pada OAR.

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Nilai *Conformity Index* (CI)

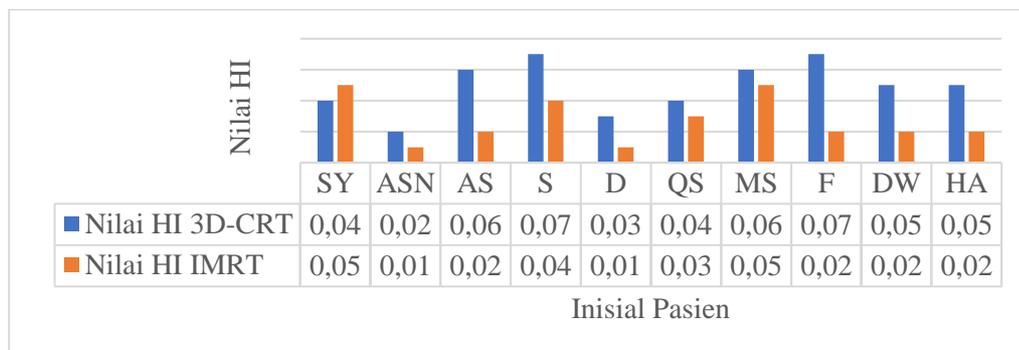
Analisis nilai CI dilakukan untuk melihat dosis radiasi preskripsi yang melingkupi seluruh volume target kanker (ICRU Report 62, 1999). Nilai CI pada 10 pasien kanker GBM dapat dilihat pada Gambar 2. Nilai CI untuk teknik 3D-CRT pada diagram diberi warna biru sedangkan nilai CI pada teknik IMRT diberi warna merah. Nilai CI untuk teknik 3DCRT adalah 0,87 sampai dengan 1 sedangkan untuk teknik IMRT yaitu antara 0,92 sampai dengan 0,98. Dari penelitian diperoleh pada teknik 3D-CRT terdapat 4 pasien dengan inisial SY, QS, MS, dan F yang menerima dosis dibawah 95% pada volume target. Sedangkan teknik IMRT terdapat 4 pasien dengan inisial SY, QS, MS dan F yang menerima dosis dibawah 95%. nilai CI pada teknik IMRT lebih banyak mendekati 1 dibandingkan teknik 3DCRT. Dari penelitian ini didapatkan bahwa nilai CI pada teknik IMRT yang didapatkan mendekati nilai ideal CI karena nilai didapatkan diatas 0,93 sedangkan pada teknik 3D-CRT terdapat pasien dengan inisial F nilai CI yang didapatkan terlalu rendah yaitu 0,87 yang tidak sesuai dengan ketentuan ICRU Report 62. Apabila nilai CI yang didapatkan terlalu kecil maka dosis yang diberikan pada target tidak terlindungi dengan sempurna dan tidak menerima dosis yang diinginkan. Maka teknik IMRT lebih efektif untuk pasien kanker GBM dikarenakan pada teknik IMRT terdapat berkas penyinaran yang dapat dibagi menjadi segmen yang lebih kecil. Pada teknik IMRT juga dilengkapi dengan *Multi Leaf Collimator* (MLC) dengan daun yang dapat menyesuaikan bentuk lapangan sesuai dengan bentuk dan ukuran target. Segmen yang lebih kecil dan MLC yang dapat menyesuaikan dengan bentuk target menghasilkan penyinaran yang lebih presisi sehingga dapat memaksimalkan dosis pada target. Menurut Husni dkk (2021) teknik 3D-CRT masih dapat digunakan karena mempertimbangkan batas dosis yang diterima oleh organ penting disekitar target.



Gambar 2 Nilai CI Teknik 3DCRT dan IMRT

3.2 Nilai Homogeneity Index (HI)

Analisis nilai HI dilakukan untuk melihat seberapa seragam distribusi dosis radiasi dalam volume target. Nilai HI pada teknik 3DCRT dan IMRT dapat dilihat pada Gambar 3. Nilai HI untuk teknik 3D-CRT pada diagram diberi warna biru sedangkan nilai CI pada teknik IMRT diberi warna merah. Nilai HI untuk teknik 3D-CRT yang bernilai antara 0,02 sampai 0,07 dan untuk teknik IMRT bernilai 0,01 sampai 0,05. Nilai ideal HI menurut ICRU Report 83 (2010) sebesar 0 yang menunjukkan bahwa distribusi dosis yang diterima oleh setiap volume kanker adalah homogen. Dari penelitian dapat dilihat bahwa nilai HI pada teknik IMRT lebih mendekati 0 daripada teknik 3D-CRT. Hal ini dapat dilihat pada pasien dengan inisial S dan F yang memiliki nilai HI yaitu 0,07. Teknik IMRT lebih efektif digunakan daripada teknik 3DCRT karna pada teknik IMRT terdapat algoritma perencanaan komputerisasi dosis yang lebih canggih yaitu secara *inverse*. Perencanaan *inverse* yang mana ketika setelah selesai menginput jumlah dan sudut penyinaran serta dosis pada PTV dan OAR terdapat *start IMRT optimization* yang berguna sebagai gambaran kurva DVH yang didapatkan dan apabila tidak sesuai yang diinginkan bisa diatur kembali dosis pada OAR. Hal ini dapat meningkatkan keefektifan dalam pengobatan.

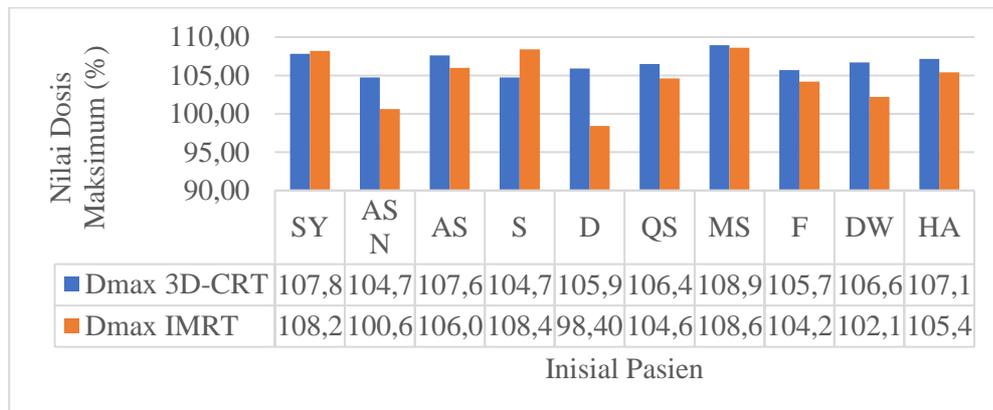


Gambar 3 Nilai HI pada Teknik 3DCRT dan IMRT

3.3 Nilai Dosis Maksimum

Menentukan nilai dosis maksimum merupakan upaya agar dosis radiasi yang diberikan pada daerah sel kanker dengan seminimal mungkin pada jaringan sel sehat. Nilai dosis maksimum pada teknik 3DCRT dan IMRT dapat dilihat pada Gambar 4. Persentase nilai dosis maksimum untuk teknik 3D-CRT pada diagram diberi warna biru sedangkan nilai dosis maksimum pada teknik IMRT diberi warna merah. Persentase nilai dosis maksimum untuk teknik 3D-CRT adalah antara 104,72% sampai dengan 108,95% sedangkan pada teknik IMRT adalah antara 98,40% sampai dengan 108,60%. Menurut ICRU Report 50 (1994), suatu volume di rekomendasikan menerima radiasi rentang 95% sampai dengan 107%. Pada kanker GBM, pasien menerima radiasi sebesar 60 Gy. Maka dosis maksimal yang diterima oleh pasien tidak lebih dari 64,2 Gy. Dari penelitian ini terdapat 4 pasien pada teknik 3D-CRT nilai dosis maksimumnya melebihi 107% dengan pasien inisial SY, AS, MS dan HA sedangkan pada teknik IMRT sebanyak 3 pasien. Nilai dosis maksimum pada teknik IMRT lebih mendekati ketentuan ICRU Report 62 (1999) dibandingkan dengan nilai dosis maksimum pada teknik 3D-CRT. Hal ini karna pada teknik IMRT yang dapat menyesuaikan intensitas sinar radiasi sehingga dosis maksimal diterima oleh

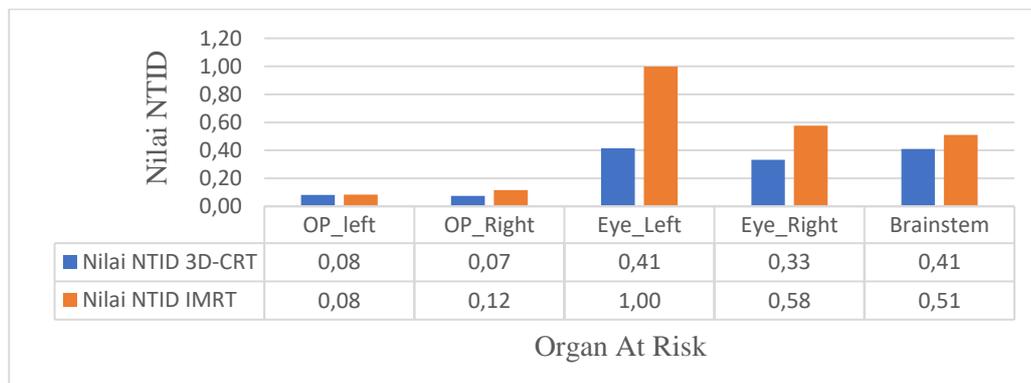
target dan meminimalisir dosis yang diterima oleh jaringan sehat. Ini penting agar mengurangi risiko efek samping kerusakan jangka panjang pada jaringan sehat.



Gambar 4 Nilai Dosis Maksimum pada Teknik 3DCRT dan IMRT

3.4 Nilai Normal Tissue Integral Dose (NTID)

Integral dose (ID) merupakan total energi yang diserap pada volume yang terkena radiasi. ID yang dilihat adalah ID pada jaringan sehat atau dikenal dengan *Normal Tissue Integral Dose* (NTID). Nilai NTID pada jaringan sehat dapat dilihat pada Gambar 5. Nilai NTID untuk teknik 3D-CRT pada diagram diberi warna biru sedangkan nilai NTID pada teknik IMRT diberi warna merah. Dari penelitian didapatkan, nilai NTID pada mata, saraf optik dan batang otak pada kedua teknik tidak melebihi ketentuan RTOG 0615 dan 0825. Menurut RTOG 0615 (2011) dan RTOG 0825 (2010), dosis maksimal pada mata, saraf optik dan batang otak adalah 54 Gy, 55 Gy dan 60 Gy. Terdapat 1 pasien nilai NTID yang lumayan tinggi yaitu pasien F pada mata kiri disebabkan karena mata kiri pasien tersebut sangat dekat dengan volume kanker tersebut. Menurut Effina dkk (2022), jika menurunkan volume pada 0 dan diturunkan dosis yang telah didapatkan maka akan menurunkan dosis maksimum dengan mempertimbangkan daerah OAR yang menyebabkan perubahan volume dosis yang diberikan sehingga menghindari kerusakan pada bagian diluar kanker bisa diminimalisir.



Gambar 5 Nilai Dosis Maksimum pada Teknik 3DCRT dan IMRT

IV. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan pada 10 data pasien kanker GBM dengan teknik 3D-CRT dan IMRT dapat disimpulkan bahwa teknik IMRT lebih efektif dibandingkan teknik 3D-CRT karena nilai CI yang didapatkan sesuai dengan ketentuan ICRU Report no. 62 dan lebih melingkupi volume kanker, nilai HI sesuai dengan ketentuan ICRU Report no. 83 dan terdistribusi lebih merata atau homogen serta nilai dosis maksimum sesuai dengan ICRU Report no.50 yang tidak melewati batas toleransi radiasi yang ditetapkan. Nilai NTID pada kedua teknik tidak melebihi ketentuan RTOG 0615 dan 0825. Maka teknik IMRT lebih efisien digunakan untuk pasien kanker GBM di RS UNAND.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kepada Direktorat Pembelajaran dan Kemahasiswaan Ditjen Dikti – kemendikbud yang telah memberikan fasilitas pendanaan pada pelaksanaan PKM 2023, Kepala Instalasi dan Staff di Instalasi Radioterapi Rumah Sakit Universitas Andalas yang telah memfasilitasi dalam penelitian, serta semua pihak yang telah membantu kelancaran penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- BAPETEN. (2013). Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 3 Tahun 2013 tentang Keselamatan Radiasi Dalam Penggunaan Radioterapi.
- Das Majumdar, S. K., Amritt, A., Dhar, S. S., Barik, S., Beura, S. S., Mishra, T., Muduly, D. K., Dash, A., & Parida, D. K. (2022). A Dosimetric Study Comparing 3D-CRT vs. IMRT vs. VMAT in Left-Sided Breast Cancer Patients After Mastectomy at a Tertiary Care Centre in Eastern India. *Cureus, 14*(3). <https://doi.org/10.7759/cureus.23568>
- Davis, C. P. (2018). Kanker Otak: Gejala, Penyebab, Diagnosis dan Pengobatan. 1–6. <https://www.itokindo.org>
- Dian Savitri, Y., Sutapa, G. N., Balik Sudarsana, I. W., & Irhas, R. (2022). Radioterapi Linac Energi 6 MV Terhadap Kanker Serviks Pada Organ Rektum Menggunakan Teknik 3DCRT dan IMRT Di RSUP Sanglah Denpasar. *Kappa Journal, 6*(1), 7–14. <https://doi.org/10.29408/kpj.v6i1.4947>
- Effina, A., Milvita, D., & Ilyas, M. (2022). Distribusi Dosis Radiasi Foton pada Treatment Planning System Menggunakan Teknik 3DCRT dan IMRT untuk Terapi Kanker Serviks. *Jurnal Fisika Unand, 11*(1), 126–130. <https://doi.org/10.25077/jfu.11.1.126-130.2022>
- GLOBOCAN (Global Cancer Observatory) Homepage. (2020). *Cancer In Indonesian*. <https://gco.iarc.fr>
- Husni, M., Shafii, M. A., Adrial, R., & Ilyas, M. (2021). Analisis Perbandingan Nilai Conformity Index dan Homogeneity Index pada Teknik 3D-CRT dan IMRT pada Kasus Kanker Payudara Berdasarkan Hasil TPS di RS UNAND. *Jurnal Fisika Unand, 10*(4), 511–517. <https://doi.org/10.25077/jfu.10.4.511-517.2021>
- ICRU Report 50. (1994). Prescribing, Recording, and Reporting Photon Beam Therapy Report 50. *Radiation Research, 138*(1), 146. <https://doi.org/10.2307/3578862>
- ICRU Report 62. (1999). *Prescribing, Recording and Reporting Photon Beam Therapy (Supplement to ICRU Report 50)*,.
- ICRU Report 83. (2010). Prescribing, Recording and Reporting Photon Beam Intensity Modulated Radiation Therapy (IMRT). In *The International Commission on Radiation Units and Measurements*.
- Low, J. T., Ostrom, Q. T., Cioffi, G., Neff, C., Waite, K. A., Kruchko, C., & Barnholtz-Sloan, J. S. (2022). Primary brain and other central nervous system tumors in the United States (2014-2018): A summary of the CBTRUS statistical report for clinicians. *Neuro-Oncology Practice, 9*(3), 165–182. <https://doi.org/10.1093/nop/npac015>
- RTOG 0615. (2011). A Phase II Study of Concurrent Chemotherapy Using Three-Dimensional Conformal Radiotherapy (3D-CRT) or Intensity-Modulated Radiation Therapy (IMRT) + Bevacizumab (BV) for Locally or Regionally Advanced Nasop.
- RTOG 0825. (2010). Phase Iii Double-Blind Placebo-Controlled Trial of Conventional Concurrent Chemoradiation and Adjuvant Temozolomide Plus Bevacizumab Versus Conventional Concurrent Chemoradiation and Adjuvant Temozolomide in Pati.
- Tan, A. C., Ashley, D. M., López, G. Y., Malinzak, M., Friedman, H. S., & Khasraw, M. (2020). Management of glioblastoma: State of the art and future directions. *CA: A Cancer Journal for Clinicians, 70*(4), 299–312. <https://doi.org/10.3322/caac.21613>