

Analisis Perencanaan Radioterapi Pasien Kanker Nasofaring Menggunakan Teknik *Intensity Modulated Radiotherapy*

Rahmah Elvira^{1,*}, Imam Taufiq¹, Rico Adrial¹, Muhammad Ilyas²

¹Laboratorium Fisika Nuklir, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas, Kampus Unand Limau Manis, Padang, 25163

²Rumah Sakit Pendidikan Universitas Andalas, Padang

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 20 Agustus 2021
Direvisi: 5 September 2021
Diterima: 8 September 2021

Kata kunci:

Beam Angle Optimization
Conformity Index
Homogeneity Index
Intensity Modulated Radiotherapy
Kanker Nasofaring

Keywords:

Beam Angle Optimization
Conformity Index
Homogeneity Index
Intensity Modulated Radiotherapy
Nasopharyngeal Cancer

Penulis Korespondensi:

Rahmah Elvira
Email: rahmahelvira@gmail.com

ABSTRAK

Telah dilakukan perencanaan radioterapi pada pasien kanker nasofaring (KNF) stadium III menggunakan teknik *Intensity Modulated Radiotherapy* (IMRT). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis nilai *Conformity Index* (CI), *Homogeneity Index* (HI), dan dosis radiasi *Organ at Risk* (OAR). Perencanaan IMRT dilakukan menggunakan *Software Treatment Planning System* (TPS) Eclipse pada 5 pasien laki-laki KNF yang berusia 8-65 tahun dengan dosis 2 Gy, 35 fraksi, 5 dan 7 lapangan radiasi. Penelitian ini dilakukan dengan 4 variasi perencanaan IMRT yaitu IMRT 5 lapangan manual (M5), IMRT 5 lapangan *beam angle optimization* (O5), IMRT 7 lapangan manual (M7), dan IMRT 7 lapangan *beam angle optimization* (O7). Total jumlah pasien yang memiliki nilai CI sesuai rekomendasi *International Commission on Radiation Units and Measures* (ICRU) Report 62 pada perencanaan M7 (4 pasien), O5 (3 pasien), O7 (2 pasien), dan M5 (1 pasien). Semua perencanaan memiliki nilai HI yang sesuai dengan rekomendasi ICRU Report 83. Nilai dosis OAR yang tidak sesuai dengan rekomendasi *Radiation Therapy Oncology Group* (RTOG) 0615 didapatkan hanya pada perencanaan M5 untuk 2 pasien. Perencanaan M7 ($p\text{-value} < 0,05$) direkomendasikan sebagai perencanaan utama KNF stadium III karena memiliki rata-rata nilai CI ($0,9573 \pm 0,01$) dan HI ($0,0651 \pm 0,01$) yang lebih tinggi dari perencanaan lain.

Radiotherapy planning has been carried out for stage III Nasopharyngeal Cancer (NPC) patients using Intensity Modulated Radiotherapy (IMRT) techniques. This study aims to analyze the values of Conformity Index (CI), Homogeneity Index (HI), and radiation dose of Organs at Risk (OAR). IMRT planning used the Eclipse Treatment Planning System (TPS) on five male NPC stage III patients aged 8-65 years with a dose of 2 Gy, 35 fractions, 5 and 7 radiation fields. This research was conducted with four variations of IMRT planning, namely IMRT 5 manual field (M5), IMRT 5 field beam angle optimization (O5), IMRT 7 manual field (M7), and IMRT 7 field beam angle optimization (O7). The total number of patients who had a CI value according to the recommendations of the International Commission on Radiation Units and Measures (ICRU) Report 62 in planning M7 (4 patients), O5 (3 patients), O7 (2 patients), and M5 (1 patient). All plans had HI values following the recommendations ICRU Report 83. OAR dose values that were not in accordance with the radiation therapy oncology group (RTOG) 0615 recommendations were obtained only on the M5 plan for two patients. The M7 plan ($p\text{-value} < 0.05$) is recommended as the main plan for stage III NPC because it has an average CI value (0.9573 ± 0.01) and HI (0.0651 ± 0.01), which is higher than other plans.

Copyright © 2020 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Kanker nasofaring (KNF) merupakan pertumbuhan sel ganas yang muncul pada daerah di antara tenggorokan bagian atas dan di belakang hidung (Netter, 2019). Berdasarkan data dari *Global Cancer Observatory* (GLOBOCAN) pada tahun 2020 KNF menempati urutan ke-17 sebagai kanker yang paling umum diderita oleh pria di dunia, dimana setiap tahun 2,2 kasus baru terjadi per 100.000 penduduk. Karakteristik unik dimiliki oleh penyebaran KNF, dimana kasus KNF bergantung pada ras dan perbedaan geografis, hal ini menunjukkan bahwa faktor genetik dan lingkungan merupakan penyebab terjadinya KNF. Kasus ini sangat jarang ditemukan di benua Amerika dan Eropa, namun beberapa negara di Asia dan Afrika utara KNF sering terjadi. Tingkat insiden tertinggi KNF berada di Asia Tenggara yaitu 7,8 kasus baru per 100.000 penduduk (GLOBOCAN, 2020). Di Indonesia faktor risiko KNF pria meningkat dibandingkan pria Amerika dan Eropa, hal ini diakibatkan karena perbedaan ras dan geografis (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2017).

Pengobatan kanker secara umum dapat dilakukan dengan radioterapi. Radioterapi memanfaatkan radiasi pengion untuk membunuh target. Salah satu modalitas yang digunakan adalah *Linear Accelerator* (LINAC). LINAC adalah alat yang menggunakan gelombang elektromagnet berfrekuensi tinggi untuk mempercepat elektron secara linier, sehingga menghasilkan berkas elektron dan foton berenergi (Podgorsak, 2005). LINAC mengalami perkembangan teknologi dari *Three-Dimensional Conformal Radiotherapy* (3D-CRT), *Intensity Modulated Radiotherapy* (IMRT), *Intensity Guided Radiation Therapy* (IGRT), *Volumetric Modulation Arc Therapy* (VMAT), *Stereotactic Radiotherapy* (SRT)/ *Stereotactic Radiosurgery* (SRS) dan Tomoterapi (Firmansyah, 2017). Keragaman teknologi yang terdapat pada LINAC sehingga perlu dilakukan perencanaan untuk menentukan teknik terapi radiasi yang sesuai dengan ukuran, letak, dan penyebaran kanker.

Perencanaan terapi radiasi dapat dilakukan menggunakan *Treatment Planning System* (TPS). Pengaturan parameter seperti *number of fields* (banyak lapangan), *beam angle* (besar sudut gantri), *beam energy* (besar energi) dan *monitor units* (MU) yang digunakan untuk terapi dapat diatur di TPS. Kombinasi yang baik antara parameter-parameter tersebut diharapkan dapat mengurangi komplikasi pada *Organ at Risk* (OAR) dan mengontrol perkembangan kanker.

Lee dkk. (2011) membandingkan kualitas kinerja dari VMAT dengan IMRT 7 lapangan penyinaran untuk 18 pasien KNF menggunakan TPS Pinnacle³. Parameter yang dianalisis meliputi *Homogeneity Index* (HI), *Conformity Index* (CI), dan dosis OAR yang nilainya terdapat pada *Dose Volume Histogram* (DVH) dari setiap perencanaan. Analisis statistik menggunakan Software SPSS Versi 16. Hasil yang didapatkan adalah VMAT mencapai cakupan target nilai CI dan HI yang sama dengan IMRT, namun memiliki nilai homogenitas yang lebih baik.

Purwaningsih dkk. (2020) membandingkan perencanaan radioterapi menggunakan IMRT manual dengan IMRT *beam angle optimization* pada pasien kanker serviks stadium IIB. Perencanaan radioterapi menggunakan TPS Eclipse Versi 13.6 dengan mengatur parameter *gantry planning* yaitu: primer5, manual30°, manual45°, auto30° dan auto45° dan parameter margin untuk *Planning Target Volume* (PTV). Kesimpulan analisis kuantitatif dari CI dan HI adalah terapi yang sesuai untuk kanker serviks stadium IIB yaitu manual30° tanpa margin PTV. Penelitian ini memiliki kekurangan pada nilai HI yang didapat rata-rata mendekati nilai 1, sedangkan nilai ideal untuk HI yaitu mendekati 0 karena mengindikasikan dosis radiasi yang diterima PTV seragam (ICRU, 2010).

Penelitian ini membandingkan 4 perencanaan terapi menggunakan IMRT 5 lapangan *beam angle optimization* (O5), IMRT 5 lapangan manual (M5), IMRT 7 lapangan *beam angle optimization* (O7) dan IMRT 7 lapangan manual (M7) untuk pasien KNF stadium III. Perencanaan radioterapi menggunakan TPS Eclipse. Analisis nilai CI, HI, dan dosis radiasi OAR dilakukan dari parameter-parameter DVH, sehingga didapatkan perencanaan yang paling sesuai untuk kasus KNF stadium III. Analisis statistik menggunakan teknik *Wilcoxon Match Pairs* untuk mengetahui hubungan signifikansi antara perencanaan radioterapi yang tidak dan yang memakai fasilitas *beam angle optimization*.

II. METODE

2.1 Perencanaan IMRT

Penelitian analisis perencanaan radioterapi menggunakan 5 citra pasien laki-laki KNF stadium III usia 8-65 tahun pada periode Juli 2018 – Mei 2021. Pemilihan stadium III dilakukan karena

mayoritas pasien yang berobat di RS Universitas Andalas berada pada stadium III sampai lanjut. Penelitian menggunakan *software* TPS Eclipse untuk perencanaan dan *software* analisis statistik untuk analisis data.

Perencanaan radioterapi dilakukan menggunakan *software* TPS Eclipse yang memfasilitasi *inverse planning*. Tahapan perencanaan *inverse planning* meliputi pengaturan fluensi, geometri, optimasi, dan evaluasi. Pengaturan geometri khususnya posisi gantri dapat dilakukan secara manual dan optimisasi. Setelah mengatur parameter *inverse planning* maka dilakukan proses optimasi IMRT agar mendapatkan dosis PTV yang sesuai dengan dosis preskripsi dan dosis OAR yang sesuai dengan rekomendasi *Radiation Therapy Oncology Group* (RTOG). Iterasi optimasi dilakukan berulang-ulang untuk mendapatkan hasil perencanaan yang diinginkan (Taylor and Powell, 2004).

Pada penelitian ini menggunakan sebanyak 35 fraksi dan besar dosis adalah 200 cGy, sehingga total dosis preskripsi yang digunakan adalah 7000 cGy. Jumlah lapangan yang dibutuhkan adalah 5 dan 7 lapangan, sedangkan posisi gantri diatur manual untuk IMRT 5 lapangan dan IMRT 7 lapangan adalah 0°, 72°, 144°, 216°, 288° dan 0°, 51°, 203°, 154°, 205°, 257°, 308°. Pengaturan posisi gantri untuk IMRT 5 lapangan dan IMRT 7 lapangan *beam angle optimization* dilakukan oleh algoritma *anisotropic analytical algorithm* sehingga setiap perencanaan memiliki posisi gantri yang berbeda. Pengaturan posisi gantri untuk *beam angle optimization* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Posisi Gantri *Beam Angle Optimization*

No	Nama	Jumlah Lapangan	Sudut Gantri
1	IS	5	3°, 108°, 198°, 252°, 270°
2	MA	5	54°, 105°, 180°, 270°, 324°
3	SY	5	87°, 144°, 198°, 252°, 342°
4	YU	5	0°, 93°, 234°, 252°, 270°
5	ZI	5	36°, 75°, 108°, 288°, 342°
6	IS	7	3°, 108°, 180°, 198°, 234°, 252°, 270°
7	MA	7	18°, 93°, 108°, 162°, 198°, 270°, 324°
8	SY	7	3°, 18°, 36°, 162°, 270°, 288°, 342°
9	YU	7	0°, 15°, 36°, 90°, 270°, 324°, 342°
10	ZI	7	33°, 54°, 72°, 90°, 108°, 162°, 342°

2.2 Analisis Data

Parameter yang digunakan untuk menganalisis perencanaan adalah melalui nilai CI, HI dan dosis yang diterima oleh OAR. CI adalah nilai yang menunjukkan kesesuaian dosis yang diterima oleh PTV, nilai CI tanpa satuan dan memiliki interval nilai dari 0 sampai 1. Nilai ideal dari CI adalah 1 karena mengindikasikan titik hotspot tumpang-tindih dengan PTV (ICRU, 1999). Dalam ICRU Report 62 CI didefinisikan pada Persamaan (1).

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

CI = *Conformity Index*, V_{95} = volume PTV yang menerima 95% dosis preskripsi (%), V_{PTV} = total volume PTV (%).

HI adalah nilai yang menunjukkan homogenitas dosis yang diterima oleh PTV, nilai HI tanpa satuan dan memiliki interval 0 sampai 1. Nilai ideal dari HI adalah 0 karena mengindikasikan sebaran dosis yang seragam (ICRU, 2010). Dalam ICRU Report 83 HI didefinisikan pada Persamaan (2).

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

HI = *Homogeneity Index*, $D_{2\%}$ = dosis yang mencakup 2% volume PTV (Gy), $D_{98\%}$ = dosis yang mencakup 98% volume PTV (Gy), $D_{50\%}$ = dosis yang mencakup 50% volume PTV (Gy).

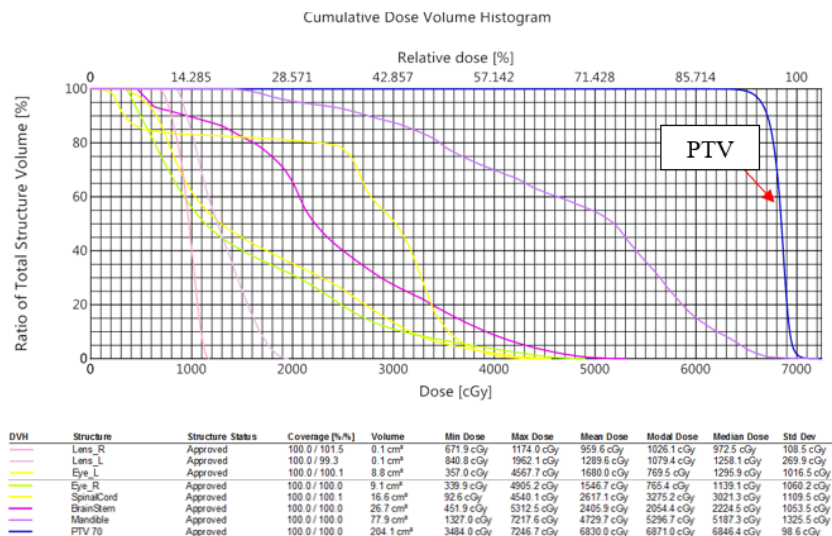
Analisis dosis pada OAR dilakukan dengan membandingkan dosis hasil perencanaan dengan dosis yang direkomendasikan oleh RTOG. Analisis statistik dilakukan menggunakan teknik *Wilcoxon Match Pairs* untuk mengetahui pengaruh penggunaan fasilitas *beam angle optimization* terhadap perencanaan radioterapi. Uji *wilcoxon match pairs* dapat dilakukan dengan *software* analisis statistik dengan interpretasi nilai signifikansi yang diharapkan adalah <0,05 karena mengindikasikan teknik

optimasi IMRT dengan fasilitas *beam angle optimization* berbeda secara signifikan antara yang menggunakan dengan yang tidak menggunakan (Sugiyono, 2017).

III. HASIL DAN DISKUSI

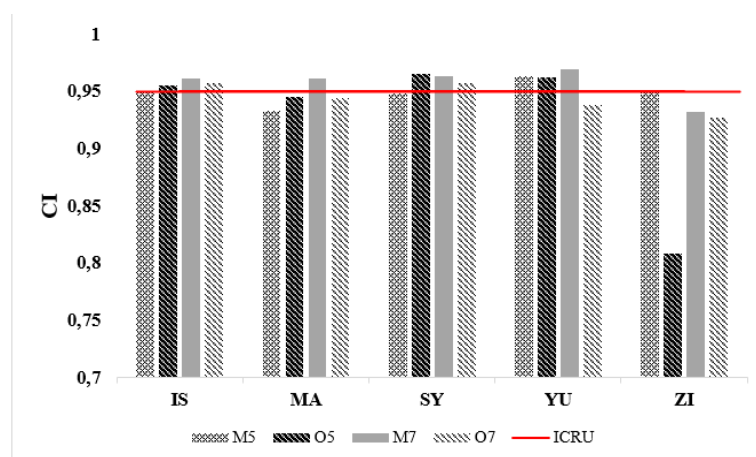
3.1 Analisis Cakupan PTV

Analisis cakupan PTV terdiri dari nilai CI dan HI berdasarkan nilai-nilai yang didapatkan dari DVH. Gambar 1 merupakan DVH dari salah satu pasien KNF stadium III (MA) dengan perencanaan M5. Gambar 1 menampilkan hubungan antara rasio total volume struktur dan dosis berbanding terbalik, terlihat volume stuktur yang kecil (0%) menerima dosis yang maksimum. Garis biru merupakan DVH untuk PTV dan garis warna lainnya merupakan DVH untuk OAR, keterangan garis DVH OAR setiap warna dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 DVH

Nilai CI dianalisis berdasarkan nilai V_{95} dan V_{PTV} yang didapatkan dari grafik DVH untuk PTV kemudian nilai dihitung menggunakan Persamaan 1.



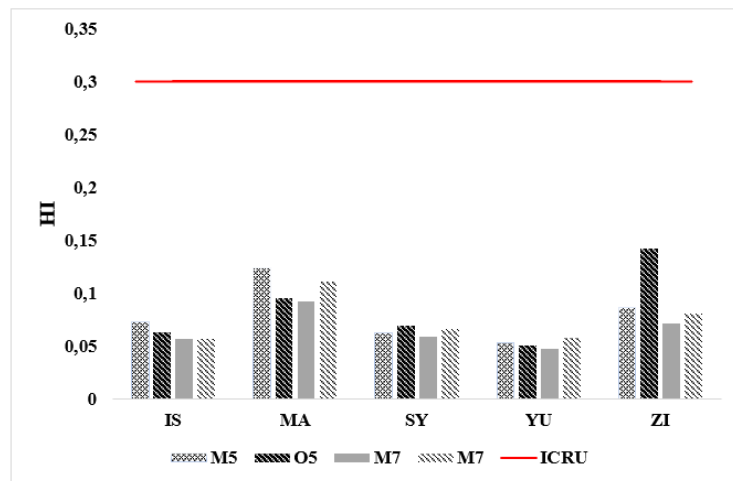
Gambar 2 Grafik CI terhadap Nama Pasien

Gambar 2 merupakan grafik nilai CI terhadap nama pasien. Pada Gambar 2 dapat dilihat nilai rekomendasi CI berdasarkan ICRU adalah 0,95-1. Pada pasien IS, perencanaan yang memenuhi nilai rekomendasi adalah O5, M7, dan O7. Perencanaan yang memenuhi rekomendasi pada pasien MA adalah M7. Perencanaan yang memenuhi rekomendasi pada pasien SY adalah O5, M7, dan O7. Perencanaan yang memenuhi rekomendasi pada pasien YU adalah M5, O5, dan M7. Sedangkan pada

pasien ZI, nilai CI tidak memenuhi nilai rekomendasi untuk semua perencanaan dan memiliki nilai CI tertinggi 0,949 pada perencanaan M5. Tidak tercapainya nilai rekomendasi CI pada perencanaan karena selain untuk mengobati kanker, perencanaan difokuskan untuk melindungi OAR agar tidak menerima dosis melebihi batasan yang diatur oleh RTOG, sehingga dosis yang diterima oleh PTV berkurang.

Total jumlah pasien yang memiliki nilai CI sesuai rekomendasi pada perencanaan M7 (4 pasien), O5 (3 pasien), O7 (2 pasien), dan M5 (1 pasien). Hal ini menunjukkan perencanaan KNF stadium III lebih baik dilakukan dengan perencanaan M7 daripada perencanaan O5, O7, dan M5. Perencanaan M7 lebih unggul berdasarkan jumlah pasien yang memiliki nilai CI sesuai rekomendasi ICRU.

Nilai HI dianalisis berdasarkan nilai $D_{2\%}$, $D_{98\%}$, dan $D_{50\%}$ yang didapatkan dari grafik DVH untuk PTV kemudian nilai HI dihitung menggunakan Persamaan 2. Nilai HI yang ideal berdasarkan rekomendasi ICRU adalah 0, yang menandakan keseragaman dosis dicapai jika nilai dosis pada volume target yang kecil ($D_{2\%}$) relatif sama dengan dosis yang diterima oleh volume yang menengah ($D_{50\%}$) maupun yang besar ($D_{98\%}$). Pada Gambar 3 diambil batasan nilai HI yaitu 0 - 0,3 agar distribusi dosis masih dalam rentang 90 - 100% dari dosis preskripsi pada semua volume PTV. Nilai batas HI 0 - 0,3 juga diterapkan oleh Arianty (2010) untuk kasus KNF. Nilai HI yang didapatkan untuk semua perencanaan dibawah nilai batas yang ditentukan, hal ini menandakan semua perencanaan memiliki keseragaman dosis yang baik.



Gambar 3 Grafik HI terhadap Nama Pasien

Analisis statistik dilakukan untuk mengetahui pengaruh penggunaan fasilitas *beam angle optimization* terhadap nilai CI dan HI untuk jumlah bidang yang sama. Analisis statistik CI dan HI pada perencanaan M5-O5 dan M7-O7 dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3. Tabel 2 menunjukkan nilai rata-rata±standar deviasi CI dan HI dari perencanaan M5 dan O5 dan nilai signifikansi. Terdapat perbedaan nilai rata-rata CI dan HI perencanaan M5 dan O5 kemudian didapatkan nilai signifikansi ($p\text{-value}>0,05$) artinya tidak terdapat perbedaan yang penting secara statistik pada nilai CI dan HI untuk yang tidak menggunakan dan yang menggunakan fasilitas *beam angle optimization*.

Tabel 2 Perbandingan Nilai CI dan HI pada Perencanaan M5-O5

Parameter	M5	O5	p-value
CI	0,9484±0,01	0,9271±0,06	>0,05
HI	0,0794±0,02	0,0838±0,03	>0,05

Tabel 3 menunjukkan nilai rata-rata±standar deviasi CI dan HI dari perencanaan M7 dan O7 dan nilai signifikansi. Terdapat perbedaan nilai rata-rata CI dan HI perencanaan M7 dan O7 kemudian didapatkan nilai signifikansi ($p\text{-value}<0,05$) artinya terdapat perbedaan yang penting secara statistik pada nilai CI dan HI untuk yang tidak menggunakan dan yang menggunakan fasilitas *beam angle optimization*. Dari analisis statistik diketahui perencanaan M7 memiliki nilai HI dan CI lebih unggul dari perencanaan lainnya.

Tabel 3 Perbandingan Nilai CI dan HI pada Perencanaan M7-O7

Parameter	M7	O7	p-value
CI	0,9573±0,01	0,9446±0,01	<0,05
HI	0,0651±0,01	0,07417±0,01	<0,05

3.2 Analisis Cakupan OAR

Analisis cakupan OAR meliputi mandibula, batang otak, sumsum tulang belakang, mata kanan, mata kiri, lensa kanan dan lensa kiri. Semua perencanaan memiliki dosis OAR di bawah batasan dosis yang diatur oleh RTOG kecuali dua pasien yang menerima dosis melebihi ketentuan pada sumsum tulang belakang yaitu pasien MA dan SY yang keduanya pada perencanaan M5.

Pada Tabel 4 dan 5 memperlihatkan nilai batasan dosis yang diatur oleh RTOG, rata-rata nilai±standar deviasi dosis OAR pada perencanaan M5-O5 dan M7-O7 dan signifikansi. Terdapat perbedaan rata-rata dosis pada setiap OAR perencanaan M5-O5 dan M7-O7 kemudian didapatkan nilai signifikansi ($p\text{-value}>0,05$) artinya tidak terdapat perbedaan yang penting secara statistik pada dosis OAR untuk yang tidak menggunakan dan yang menggunakan fasilitas *beam angle optimization*.

Tabel 4 Perbandingan Nilai Rata-rata Dosis OAR pada Perencanaan M5-O5

No	OAR	Batasan Dosis (Gy)	M5	O5	p-value
1	Mandibula	75	72,20±1,79	72,40±0,89	>0,05
2	Batang Otak	54	52,00±2,00	52,60±0,89	>0,05
3	Sumsum Tulang Belakang	45	44,00±1,40	43,40±0,54	>0,05
4	Mata Kanan	50	39,00±15,63	37,40±10,94	>0,05
5	Mata Kiri	50	39,40±15,38	37,80±11,49	>0,05
6	Lensa Kanan	25	11,20±4,60	14,40±9,07	>0,05
7	Lensa Kiri	25	12,80±5,63	13,80±5,63	>0,05

Tabel 5 Perbandingan Nilai Rata-rata Dosis OAR pada Perencanaan M7-O7

No	OAR	Batasan Dosis (Gy)	M7	O7	p-value
1	Mandibula	75	69,40±2,70	71,80±1,90	>0,05
2	Batang Otak	54	52,00±1,73	50,80±1,78	>0,05
3	Sumsum Tulang Belakang	45	42,60±1,14	43,00±0,70	>0,05
4	Mata Kanan	50	39,60±11,86	36,60±11,50	>0,05
5	Mata Kiri	50	38,40±13,72	39,00±10,79	>0,05
6	Lensa Kanan	25	14,00±7,68	12,40±6,02	>0,05
7	Lensa Kiri	25	16,20±6,97	16,20±7,69	>0,05

IV. KESIMPULAN

Analisis perencanaan 5 dan 7 lapangan radiasi menunjukkan hasil perencanaan M7 lebih unggul daripada M5, O5, dan O7. Pada perencanaan M7, dosis lebih mencakupi daerah PTV, sehingga memiliki nilai konformitas dan homogenitas yang lebih tinggi dari semua perencanaan. Analisis statistik menunjukkan perencanaan M7 berbeda secara statistik untuk nilai CI dan HI dari perencanaan O7. Perencanaan M7 direkomendasikan sebagai perencanaan utama pada KNF stasium III.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Instalasi dan Staff Radioterapi Rumah Sakit Universitas Andalas yang telah menyediakan sarana dan prasarana sehingga penelitian ini dapat terlaksanakan dengan baik, serta semua pihak yang telah membantu kelancaran penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Arianty, D., 2010, *Optimasi Jumlah Lapangan Radiasi Pada Perencanaan IMRT*, PPs Universitas Indonesia, Jakarta.

- Firmansyah, A.F., Sunaryati, S.I., Rajagukguk, N., Wurdianto, G. 2017, 'Perkembangan Teknologi pada Pesawat Teleterapi di Indonesia dan Aspek Keselamatannya', *Prosiding Seminar Keselamatan Nuklir*, FMIPA Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 238-242.
- Lee, T. F., Chao, P.J., Ting, H.M., Lo, S.H., Wang, Y.W., Tuan, C.C., Fang, F.M., Su, T.J. 2011, 'Comparative analysis of SmartArc-based dual arc volumetric-modulated arc radiotherapy (VMAT) versus intensity-modulated radiotherapy (IMRT) for nasopharyngeal carcinoma', *Journal of Applied Clinical Medical Physics*, Vol. 12, No. 4, pp. 158–174.
- Netter, F.J., 2019, *Atlas of Human Anatomy Gastroenterology*, Edisi 7, Elsevier, Philadelphia.
- Podgorsak, E. B., 2005, *Radiation Oncology Physics: A Handbook for Teachers and Students*, IAEA, Vienna.
- Purwaningsih, S., Mutohar, A., Wibowo, W.E., Prawoiro, S.A. 2020, 'Perbandingan Perencanaan Radioterapi IMRT Kanker Servik Stadium IIB Menggunakan Fasilitas Optimization Beam Angle dan Teknik Manual pada TPS Eclipse', *Journal of Medical Physics and Biophysics*, Vol. 7, No. 1, pp. 7–12.
- Sugiyono., 2017 *Statistika untuk Penelitian*, Alfabeta, Bandung.
- Taylor, A. dan Powell, M. E. B. 2004, 'Intensity-modulated radiotherapy - What is it?', *Cancer Imaging*, Vol. 4, No. 2, pp. 68–73.
- GLOBOCAN Homepage 2020, *Cancer Today*, viewed 10 Juli 2021, <<https://gco.iarc.fr/today/fact-sheets-cancers>>
- ICRU Homepage 1999, *ICRU Report 62 Prescribing, Recording and Reporting Photon Beam Therapy (Umpplement to ICRU Report 50)*, viewed 22 Mei 2020, <<https://www.icru.org/>>
- ICRU Homepage 2010, *ICRU Report 83 Prescribing, Recording and Reporting Photon Beam Intensity Modulated Radioation Therapy*, viewed 22 Mei 2020, <<https://www.icru.org/>>
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia Homepage 2017, *Pedoman Nasional Pelayanan Kedokteran Kanker Nasofaring*, viewed 30 Juli 2021, <<http://kanker.kemkes.go.id/guidelines/backup/PNPKNasofaring.pdf>>