

Optimalisasi *Priority* Pada Organ at Risk (OAR) Kanker Nasofaring menggunakan Teknik *Intensity Modulated Radiation Therapy* (IMRT)

Septya Annisa Relis¹, Dian Milvita^{1*}, Fiqi Diyona²

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

²Rumah Sakit Universitas Andalas, Padang

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 20 Januari 2025
Direvisi: 25 April 2025
Diterima: 15 Mei 2025

Kata kunci:

Conformity Index
Homogeneity Index
Organ at Risk
Priority
Kanker Nasofaring

Keywords:

Conformity Index
Homogeneity Index
Organ at Risk
Priority
Nasopharyngeal Carcinoma

Penulis Korespondensi:

Dian Milvita
Email: dianmilvita@sci.unand.ac.id

ABSTRAK

Telah dilakukan optimalisasi *priority* pada Organ At Risk (OAR) kanker nasofaring menggunakan teknik *Intensity Modulated Radiation Therapy* (IMRT). Penelitian dilakukan menggunakan 5 citra pasien kanker nasofaring yang diolah menggunakan *software Treatment Planning System* (TPS) Eclipse di Rumah Sakit Universitas Andalas. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai *priority* pada *Planning Target Volume* (PTV) dan OAR dengan menganalisis nilai *Conformity Index* (CI), *Homogeneity Index* (HI) dan dosis radiasi OAR pada kurva *Dose Volume Histogram* (DVH) berdasarkan 6 variasi perencanaan. Variasi perencanaan yang digunakan yaitu nilai *priority* pada PTV 100,110,120,130,140 dan 150. Variasi nilai *priority* pada OAR 40,50,60,70,80 dan 90. Hasil penelitian didapatkan nilai *priority* optimal masing-masing inisial pasien kanker nasofaring adalah S, J, SS, ED dan B untuk PTV yaitu 120. Pada OAR batang otak adalah 103,85,90,103, dan 85. OAR sumsum tulang belakang 82,88,85,85, dan 85. OAR lensa mata adalah 58,100,90,85 dan 90. OAR mata adalah 65,90,70,0 dan 80. OAR mandibula adalah 72,100,90,99 dan 80. Analisis nilai CI dan HI berdasarkan *International Commission on Radiation Units and Measures* (ICRU) Report 62 dan 83. Dosis radiasi pada OAR diverifikasi berdasarkan standar *Quantitative Analysis of Normal Tissue Effect in the Clinic* (QUANTEC). Nilai *priority* yang didapatkan pada penelitian ini akan menjadi acuan fisikawan medis dalam membuat perencanaan radioterapi.

Optimization of priority on Organ At Risk (OAR) of nasopharyngeal cancer using Intensity Modulated Radiation Therapy (IMRT) technique has been conducted. The research was conducted using 5 images of nasopharyngeal cancer patients processed using Treatment Planning System (TPS) Eclipse software at Andalas University Hospital. The purpose of this study was to determine the priority value of Planning Target Volume (PTV) and OAR by analyzing the value of Conformity Index (CI), Homogeneity Index (HI) and OAR radiation dose on the Dose Volume Histogram (DVH) curve based on 6 planning variations. The planning variations used are priority values on PTV 100,110,120,130,140 and 150. Variations of priority values on OAR 40,50,60,70,80 and 90. The results of the study obtained the optimal priority value for each nasopharyngeal cancer patient's initials are S, J, SS, ED and B for PTV which is 120. On the brain stem OAR is 103, 85, 90, 103, and 85. The spinal cord OAR is 82,88,85,85, and 85. The OAR of the eye lens was 58,100,90,85 and 90. The OAR of the eye was 65,90,70,0 and 80. The OAR of the mandible was 72,100,90,99 and 80. Analysis of CI and HI values based on the International Commission on Radiation Units and Measures (ICRU) Report 62 and 83. The radiation dose to the OAR was verified based on the Quantitative Analysis of Normal Tissue Effect in the Clinic (QUANTEC) standard. The priority value obtained in this study will be a reference for medical physicists in making radiotherapy planning.

Copyright © 2025 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Kasus kanker di Indonesia semakin meningkat, menurut data dari *Globocan Bunder Cancer* (GLOBOCAN) dari *World Health Organization* (WHO) pada tahun 2022 tercatat sebanyak 408,661 kasus kanker baru dan 240,537 kasus kematian akibat kanker. Pada kasus kanker nasofaring tercatat sebanyak 18.835 kasus di Indonesia (World Health Organization, 2022). Nasofaring adalah kanker kepala leher dengan rasio pria-wanita adalah 2:4 dan endemis di pulau (Adham et al., 2012). Kanker nasofaring merupakan pertumbuhan sel ganas yang muncul pada daerah di antara tenggorokan bagian atas dan dibelakang hidung (Netter, 2019).

Menurut (Susworo, 2007) radioterapi merupakan salah satu teknik pengobatan atau tindakan medis yang digunakan untuk membunuh sel kanker dengan memanfaatkan radiasi pengion. Radioterapi bermaksud menggunakan radiasi pengion untuk mematikan sel kanker sebanyak mungkin dengan kerusakan pada sel normal sekecil mungkin. Umumnya pengobatan kanker nasofaring menggunakan radiasi eksternal (teleterapi). Radiasi eksternal atau teleterapi merupakan pengobatan kanker dengan menggunakan sumber radiasi dari luar tubuh pasien (Susworo & Kodrat, 2017). Radiasi eksternal umumnya menggunakan pesawat radioterapi *Linear Accelerator* (LINAC). LINAC adalah alat yang menggunakan gelombang elektromagnet berfrekuensi tinggi untuk mempercepat elektron secara linier, sehingga menghasilkan berkas elektron dan foton berenergi (López et al., 2005).

Pesawat LINAC yang berada di Rumah Sakit Unand memiliki dua teknik penyinaran yaitu *Three Dimension Conformal Radiotherapy* (3D-CRT) dan *Intensity Modulated Radiotherapy* (IMRT). Teknik 3D-CRT mengirim intensitas yang seragam ke target, sedangkan teknik IMRT mengirim intensitas sinar-X yang berbeda-beda tergantung pada kebutuhan setiap area yang akan disinari radiasi. Kelebihan teknik ini dapat diperolehnya dosis radiasi yang optimal pada tumor yang bentuknya kompleks dan seminimal mungkin pada jaringan sehat di sekitarnya, terutama organ beresiko yang letaknya sangat dekat dengan tumor (Webb, 2003).

Perencanaan radioterapi menggunakan LINAC perlu melakukan persiapan dengan membuat *Treatment Planning System* (TPS). TPS merupakan proses dalam membuat perencanaan terapi radiasi dengan perhitungan algoritma komputer. Target penyinaran pada TPS ada dua yaitu *Planning Target Volume* (PTV) dan *Organ at Risk* (OAR) Berdasarkan publikasi (ICRU 62, 1999). PTV merupakan volume target utama penyinaran sedangkan OAR merupakan organ sehat yang berada di sekitar kanker dan merupakan organ yang sensitif terhadap paparan radiasi. Distribusi dosis radiasi pada PTV dan OAR ditampilkan dalam bentuk grafik yaitu *Dose Volume Histogram* (DVH). Kurva DVH memberikan informasi dosis radiasi pada volume kanker total, volume target klinis, volume target pada perencanaan dan dosis pada organ penting disekitar kanker (BAPETEN, 2013). Parameter yang menjadi evaluasi dari kurva DVH yaitu *Conformity Index* (CI), *Homogeneity Index* (HI) dan OAR. CI yaitu kesesuaian distribusi dosis pada target sedangkan HI yaitu homogenitas dosis di dalam volume target (ICRU 83, 2010)

Salah satu komponen perencanaan radiasi pada TPS untuk teknik IMRT yaitu *priority*. *Priority* merupakan komponen perencanaan dosis radiasi yang digunakan untuk menentukan prioritas perlindungan organ dan mengoptimalkan perencanaan terapi radiasi. Nilai *priority* berupa persentasi yang memiliki rentang dari 0% hingga 1000%.

Menurut Sigarlaki et al (2019) Radioterapi menjadi *treatment of choice* pada KNF karena sangat radiosensitif karena banyak terdapat OAR disekitarnya dan sulitnya dilakukan terapi kuratif. (MAI Yanhua dkk. 2018) menyatakan bahwa optimalisasi *priority* OAR pada pasien kanker serviks dapat mengurangi dosis radiasi pada rektum dan kandung kemih. Aliotta dkk. (2020) juga menyatakan bahwa optimalisasi *priority* pada kanker nasofaring terbukti dapat mengurangi waktu perencanaan dan meningkatkan konsistensi dalam penyinaran. Dosis radiasi dengan optimalisasi *priority* OAR berkurang sebanyak 33% dari perencanaan konvensional. Elvira dkk. (2021) didapatkan pada OAR sumsum tulang belakang pasien kanker nasofaring menerima dosis yang melebihi ketentuan *Radiation Therapy Oncology Group* (RTOG) 0615. Apriantoro dkk. (2017) menyatakan bahwa teknik penyinaran radioterapi IMRT lebih diprioritaskan untuk kanker nasofaring daripada teknik penyinaran radioterapi 3DCRT, karena dengan menggunakan teknik penyinaran radioterapi IMRT, prinsip radioterapi dapat tercapai.

Berdasarkan beberapa penelitian sebelumnya, belum pernah dilakukan penelitian mengenai optimalisasi *priority* di Rumah Sakit Universitas Andalas. Optimalisasi *priority* dilakukan untuk

mengoptimalkan dosis radiasi terhadap PTV dan OAR. Penelitian ini menganalisis TPS berdasarkan grafik DVH menggunakan teknik IMRT pada 5 pasien kanker nasofaring di Rumah Sakit Universitas Andalas. Optimalisasi *priority* dapat membantu meminimalkan dosis radiasi yang diterima oleh OAR yang terletak di sekitar target dan memaksimalkan dosis radiasi pada PTV.

II. METODE

Penelitian ini menggunakan data sekunder dengan 5 citra pasien kanker nasofaring teknik perencanaan IMRT. Data citra pasien memiliki rentang stadium IIIB – IVA. Pengambilan citra pasien kanker nasofaring dilakukan dengan menggunakan CT-Simulator. Citra pasien di kontur oleh dokter onkologi dan selanjutnya diolah menggunakan *software* TPS *eclipse* di Instalasi Radioterapi Rumah Sakit Universitas Andalas.

Dosis radiasi yang digunakan pada penelitian adalah 200 cGy sebanyak 35 fraksi, sehingga total dosis preskripsi yang digubakan adalah 7000 cGy. Perencanaan dosis dilakukan oleh dokter onkologi yang bertugas. Optimasi *priority* dilakukan pada PTV dan OAR, untuk PTV divariasikan dari 100% hingga 150% dengan interval 10, sedangkan pada OAR divariasikan dengan nilai 40% hingga 90%, nilai *priority* PTV divariasikan lebih besar dari nilai *priority* OAR karena dosis radiasi yang diberikan di prioritaskan untuk target kanker atau PTV. Hasil perencanaan dianalisis berdasarkan kurva DVH yang didapatkan setelah dilakukan optimasi. Analisis distribusi dosis pada kurva DVH berupa nilai CI, HI dan dosis radiasi pada OAR.

Nilai CI adalah nilai yang menunjukkan konformitas dosis yang diterima oleh PTV, nilai CI bernilai 1 dimana dosis preskripsi melingkupi seluruh PTV sesuai dengan ICRU *Report* 62. Nilai CI dalam ICRU *Report* 62 didefinisikan pada Persamaan 1.

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

dengan $V_{95\%}$ adalah besarnya volume yang menerima dosis 95% (cm^3), V_{PTV} adalah besarnya volume PTV pada target radiasi (cm^3).

HI merupakan nilai yang menunjukkan homogenitas dosis yang diterima oleh PTV, nilai HI bernilai 0 dimana seluruh dosis pada PTV homogen sesuai dengan ICRU *Report* 83. Nilai HI dalam ICRU *Report* 83 didefinisikan pada Persamaan 2.

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

dengan $D_{2\%}$ adalah besarnya dosis pada 2% volume PTV (cGy), $D_{98\%}$ adalah besarnya dosis pada 98% volume PTV (cGy), $D_{50\%}$ adalah besarnya dosis pada 50% volume PTV (cGy).

Analisis nilai CI, HI dan dosis radiasi OAR dilakukan pada 3 perencanaan optimasi yaitu optimasi nilai *priority* PTV, optimasi nilai *priority* OAR, dan optimasi *priority* gabungan (PTV dan OAR).

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Optimasi *Priority* PTV

Nilai *priority* yang divariasikan yaitu 100%,110%,120%,130%,140%,150%. Nilai tersebut digunakan untuk ke-5 pasien kanker nasofaring. Nilai CI dan HI masing-masing inisial pasien dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2. S, J, SS, ED dan B merupakan inisial pasien.

Tabel 1 Nilai CI pada *priority* PTV

No	Priority	Nilai CI Pasien				
		S	J	SS	ED	B
1.	100	1	0,991	1	0,997	0,994
2.	110	1	1	1	0,998	0,995
3.	120	1	1	1	0,999	0,995
4.	130	1	1	1	0,998	0,995
5.	140	1	1	1	0,998	0,996
6.	150	1	1	1	0,998	0,996

Nilai CI menunjukkan kesesuaian antara distribusi dosis radiasi yang diberikan dengan volume yang diperlukan pada target penyinaran. Pada Tabel 1 nilai CI yang didapatkan tidak mengalami perubahan yang signifikan, nilai tersebut memenuhi nilai rekomendasi ICRU *Report* 62.

Tabel 2 Nilai HI *priority* PTV

No	Priority	Nilai HI Pasien				
		S	J	SS	ED	B
1.	100	2	1,991	1,99	1,992	1,984
2.	110	2,003	1,995	1,991	1,983	1,985
3.	120	2,002	1,994	1,992	1,998	1,986
4.	130	2,003	1,993	1,993	1,998	1,988
5.	140	2,003	1,992	1,991	1,997	1,989
6.	150	2,003	1,99	1,993	1,999	1,989

Nilai HI merupakan nilai keseragaman distribusi dosis radiasi dalam volume target. Nilai HI yang didapatkan pada Tabel 2 berada di atas nilai rekomendasi ICRU *Report* 83. Hal ini menunjukkan ketidakseragaman dosis pada PTV, terdapat perbedaan besar dalam jumlah dosis yang diterima oleh berbagai bagian PTV. Nilai HI yang tinggi dalam radioterapi menandakan bahwa area PTV menerima dosis yang cukup tinggi dan peningkatan yang signifikan dalam nilai HI dapat mempengaruhi efektivitas risiko komplikasi jangka panjang.

Batasan dosis radiasi diatur oleh QUANTEC yaitu pada OAR batang otak dengan batasan dosis maksimal 5400 cGy, mandibula 7000 cGy, sumsum tulang belakang 4500 cGy, lensa 700 cGy dan mata 5400 cGy. Dosis radiasi yang diterima OAR mandibula, batang otak, sumsum tulang belakang, mata, dan lensa optimasi *priority* PTV pada masing-masing pasien dapat dilihat pada Tabel 3,4,5,6,7,8 dan 9.

Tabel 3 Dosis radiasi maksimum yang diterima mandibula

No.	Priority	Dosis Radiasi Pasien				
		S	J	SS	ED	B
1.	100	5061	7160,7	4970,1	7373,3	6881,7
2.	110	5059	7155,9	4969,3	7372,8	6906,9
3.	120	5062	7155	4968,5	7372,3	6913
4.	130	5061	7153,3	4967,7	7371,8	6912
5.	140	5059,7	7152,9	4966,9	7371,3	6927,7
6.	150	5058,4	7152,5	4966,1	7370,8	6937,4

Tabel 4 Dosis radiasi maksimum yang diterima batang otak

No.	Nilai Priority	Dosis Radiasi Pasien				
		S	J	SS	ED	B
1.	100	6722,2	6667	6887,4	6875,6	6205,7
2.	110	6722,1	6667,2	6887,6	6874	6189,7
3.	120	6721,8	6666,8	6887	6872,4	6182,1
4.	130	6721,6	6666,8	6886,9	6870,8	6180
5.	140	6721,4	6666,7	6886,7	6869,2	6168,2
6.	150	6721,2	6666,6	6886,5	6867,6	6159,7

Tabel 5 Dosis radiasi maksimum yang diterima sumsum tulang belakang

No.	Nilai Priority	Dosis Radiasi Pasien				
		S	J	SS	ED	B
1.	100	1135	5351	4433	5524,1	4073,1
2.	110	1136,7	5351,4	4432,3	5522,8	4062,9
3.	120	1133,8	5351,8	4431,6	5521,5	4100,2
4.	130	1134,3	5352,2	4430,9	5520,2	4105,8
5.	140	1132,5	5352,6	4430,2	5518,9	4119,4
6.	150	1132,1	5353	4429,5	5517,6	4132,9

Tabel 6 Dosis radiasi maksimum yang diterima mata kiri

No.	Nilai Priority	Dosis Radiasi Pasien				
		S	J	SS	ED	B
1.	100	1011	7018,4	1001,2	4125,8	638,5
2.	110	1010	7016,6	1000,8	4124	642,1
3.	120	1009,8	7016,2	999,9	4122,2	639,3
4.	130	1009,3	7015,3	999	4120,4	640,77
5.	140	1007	7014,4	998,1	4118,6	641,17
6.	150	1007,9	7013,5	997,2	4116,8	641,57

Tabel 7 Dosis radiasi maksimum yang diterima mata kanan

No.	Nilai Priority	Dosis Radiasi Pasien				
		S	J	SS	ED	B
1.	100	819	3962,7	861,9	2900,9	418
2.	110	820	3961,7	860,3	2920	415,3
3.	120	818,7	3960,7	858,7	2922,3	422
4.	130	818,3	3959,7	857,1	2924,6	423,8
5.	140	817,9	3958,7	855,5	2926,9	425,8
6.	150	817,5	3957,7	853,9	2929,2	428,21

Tabel 8 Dosis radiasi maksimum yang diterima lensa kiri

No.	Nilai Priority	Dosis Radiasi Pasien				
		S	J	SS	ED	B
1.	100	247,7	3000	531,1	1291,5	202,2
2.	110	247,3	3000,3	531,8	1291,1	201,6
3.	120	246,9	2998,6	532,5	1289,6	201,8
4.	130	246,5	2996,9	533,2	1288,1	201,47
5.	140	246,1	2995,2	533,9	1286,6	201,27
6.	150	245,7	2993,5	534,6	1285,1	201,07

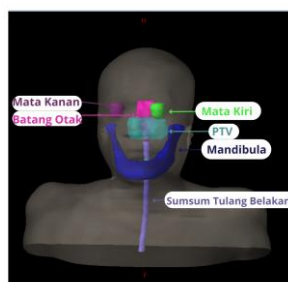
Tabel 9 Dosis radiasi maksimum yang diterima lensa kanan

No.	Nilai Priority	Dosis Radiasi Pasien				
		S	J	SS	ED	B
1.	100	246,4	2981,2	462,4	999,5	236,1
2.	110	246,9	2982,5	461,9	998,8	235,7
3.	120	247,4	2981	461,4	998,1	236,2
4.	130	247,9	2981,4	460,9	997,4	236,1
5.	140	248,4	2981,3	460,4	996,7	236,15
6.	150	248,9	2981,2	459,9	996	236,2

Pada optimasi *priority* PTV nilai HI dan dosis radiasi maksimum yang diterima masing-masing pasien kanker nasofaring melebihi batasan *constraints*, untuk itu perlu dilakukan optimasi *priority* OAR.

3.2 Optimasi *Priority* OAR

Bentuk kontur PTV dan OAR pasien initial S dapat dilihat pada Gambar 1. Nilai *priority* yang divariasikan yaitu 40%,50%,60%,70%,80% dan 90%. Nilai tersebut digunakan untuk ke-5 pasien kanker nasofaring. Nilai CI dan HI masing-masing pasien dapat dilihat pada Tabel 10 dan Tabel 11.



Gambar 1 bentuk kontur PTV dan OAR pasien S

Tabel 10 Nilai CI pada *priority* OAR

No	Priority	Nilai CI Pasien
----	----------	-----------------

		S	J	SS	ED	B
1.	40	1	1	1	0,998	0,995
2.	50	1	0,999	1	0,998	0,995
3.	60	1	0,999	1	0,998	0,995
4.	70	1	0,999	1	0,998	0,995
5.	80	1	0,999	1	0,998	0,995
6.	90	1	0,999	1	0,998	0,995

Tabel 11 Nilai HI pada *priority* OAR

No	Priority	Nilai HI Pasien				
		S	J	SS	ED	B
1.	40	0,021	0,068	0,046	0,059	0,047
2.	50	0,056	0,086	0,045	0,06	0,047
3.	60	0,056	0,06	0,046	0,06	0,047
4.	70	0,056	0,049	0,045	0,059	0,047
5.	80	0,056	0,049	0,045	0,058	0,048
6.	90	0,056	0,045	0,045	0,06	0,048

Pada Tabel 10 dan Tabel 11 menunjukkan nilai CI dan HI berada pada standar ICRU *Report* 62 dan 83. Dosis radiasi optimasi *priority* OAR dapat dilihat pada Tabel 12,13,14,15,16,17 dan 18.

Tabel 12 Dosis radiasi yang diterima mandibula

No.	Priority	Dosis Radiasi Pasien				
		S	J	SS	ED	B
1.	40	6874,5	7210,6	5910,8	7451,5	6911,6
2.	50	6858,5	7327	5926,8	7452,4	6905,6
3.	60	6874	7155,1	5911,3	7470,9	6905,6
4.	70	6866,9	7142,8	5918,4	7481,9	6905,6
5.	80	6873	7136,6	5912,3	7460,7	6902
6.	90	6862,8	7125,2	5922,5	7480,8	6902

Tabel 13 Dosis radiasi yang diterima batang otak

No.	Priority	Dosis Radiasi Pasien				
		S	J	SS	ED	B
1.	40	7026	6578,9	5403	6848,9	6169,2
2.	50	7009,1	6515,5	5386,1	6867,1	6168,3
3.	60	7007,5	6505,7	5384,5	6874	6168,3
4.	70	7008,3	6506,1	5385,3	6874,6	6168,3
5.	80	7007,9	6504,9	5384,9	6887,4	6170,1
6.	90	7008,4	6505,7	5385,4	6876,4	6170,1

Tabel 14 Dosis radiasi yang diterima sumsum tulang belakang

No.	Priority	Dosis Radiasi Pasien				
		S	J	SS	ED	B
1.	40	5850,1	5603,2	3061,7	5260,4	4066,3
2.	50	5845,7	5654,1	3104,7	5293,6	4023,3
3.	60	5849,3	5544,8	3104,7	5287,2	4023,3
4.	70	5847,6	5494	3104,7	5282,4	4023,3
5.	80	5849	5494,7	3144,3	5304,6	3983,7
6.	90	5846,1	5469,9	3144,3	5288,8	3983,7

Tabel 15 Dosis radiasi yang diterima mata kanan

No.	Priority	Dosis Radiasi Pasien				
		S	J	SS	ED	B
1.	40	3947,4	3271,4	406,9	3004,5	416
2.	50	3945,4	3044	408,9	2979,6	409,6
3.	60	3944,8	3035,3	409,5	2949,9	409,6
4.	70	3945,5	3025,3	408,8	2915,5	409,6
5.	80	3944,7	3019,6	409,6	2937,6	403,4
6.	90	3954,1	2999,9	400,2	2903,6	403,4

Tabel 16 Dosis radiasi yang diterima mata kiri

No.	Priority	Dosis Radiasi Pasien				
-----	----------	----------------------	--	--	--	--

		S	J	SS	ED	B
1.	40	4313,6	6709,9	587,4	3415,7	638,4
2.	50	4308,2	6745,2	592,8	3438	641,6
3.	60	4308,9	6729,4	592,1	3463,5	641,6
4.	70	4308,6	6708	592,4	3505,8	641,6
5.	80	4308,7	6694,1	592,3	3460,6	640,6
6.	90	4308,7	6655,2	592,3	3527,1	640,6

Tabel 17 Dosis radiasi yang diterima lensa kanan

No.	Priority	Dosis Radiasi Pasien				
		S	J	SS	ED	B
1.	40	913,9	1966,1	267,7	1043,2	235
2.	50	913,3	1837,8	268	961,2	234,7
3.	60	913,3	1818,9	268	899,2	234,7
4.	70	913,4	1795,1	268	869,2	234,7
5.	80	913,3	1784,7	268,3	850,1	234,4
6.	90	913,3	1748,4	268,3	856,5	234,4

Tabel 18 Dosis radiasi yang diterima lensa kiri

No.	Priority	Dosis Radiasi Pasien				
		S	J	SS	ED	B
1.	40	944,4	2272,6	267,3	1196,6	200,5
2.	50	944,1	2249,7	267,5	1099,2	200,3
3.	60	944,3	2233,2	267,5	1067	200,3
4.	70	944,1	2217	267,5	1061,3	200,3
5.	80	944,3	2208	267,7	1014,3	200,1
6.	90	943,7	2178,8	267,7	1044,4	200,1

Dosis radiasi yang terdistribusi pada PTV sudah optimal karena nilai CI dan HI yang didapatkan sesuai dengan *constraints* ICRU *Report* 62 dan 83, tetapi optimasi *priority* OAR didapatkan tidak optimal pada beberapa OAR dan pasien, untuk itu dilakukan optimasi *priority* gabungan agar dosis radiasi dapat terdistribusi optimal dengan menggunakan optimasi *priority* gabungan (PTV dan OAR).

3.3 Optimasi *Priority* Gabungan (PTV dan OAR)

Nilai *priority* gabungan masing-masing pasien dapat dilihat pada Tabel 19. Nilai *priority* di didapatkan dengan mengoptimasi nilai tersebut pada *optimization planning* TPS, optimasi ini dilakukan agar dosis radiasi yang tersistribusi pada PTV dapat optimal dan OAR dapat terlindungi. Nilai *priority* pada PTV didapatkan jika nilai CI dan HI pada PTV sesuai dengan standar ICRU *Report* 62 dan 83 serta nilai *priority* OAR yang didapatkan memenuhi standar QUANTEC yaitu pada OAR batang otak dengan batasan dosis maksimal 5400 cGy, mandibula 7000 cGy, sumsum tulang belakang 4500 cGy, lensa 700 cGy dan mata 5400 cGy.

Tabel 19 Nilai *priority* gabungan

No	Priority	Inisial Pasien				
		S	J	SS	ED	B
1	PTV	120	120	120	120	120
2	Batang Otak	103	85	90	103	85
3	Sumsum Tulang Belakang	82	88	85	85	85
4	Lensa Mata	58	100	90	85	90
5	Mata	65	90	70	-	80
6	Mandibula	72	100	90	99	80

Tabel 20 Nilai CI dan HI *priority* gabungan

No	Priority	Inisial Pasien				
		S	J	SS	ED	B

1.	<i>Conformity Index</i> (CI)	0,99	0,95	0,96	0,96	0,96
2.	<i>Homogeneity Index</i> (HI)	0,06	0,21	0,08	0,25	0,07

Rentang nilai *priority* gabungan menjadi acuan oleh fisikawan medis untuk perencanaan berikutnya, penelitian ini mendukung penelitian Aliotta (2020) bahwa optimalisasi *priority* pada kanker nasofaring dapat mengurangi waktu perencanaan. Analisis dosis radiasi OAR pada optimasi *priority* gabungan meliputi batang otak, mandibula, sumsum tulang belakang, mata kanan, mata kiri, lensa mata kanan dan lensa mata kiri. Optimasi gabungan dapat meminimalkan dosis radiasi pada OAR pasien kanker nasofaring. Pada optimasi gabungan organ mandibula dengan inisial pasien ED menerima dosis melebihi dosis standar, hal ini karena target penyinaran atau PTV pasien berada didekat organ tersebut. Pada organ lensa mata inisial pasien J, ED dan B menerima dosis radiasi yang melebihi standar rekomendasi QUANTEC. Hal ini dikarenakan posisi target penyinaran atau PTV yang berada dekat dengan OAR pasien. Dosis radiasi OAR pasien kanker nasofaring optimasi gabungan ditunjukkan pada Tabel 21.

Tabel 21 Dosis radiasi OAR optimasi gabungan

No.	<i>Organ at Risk</i>	Inisial Pasien				
		S	J	SS	ED	B
1	Batang Otak	5309,8	5260	5331,8	5281,3	5130
2	Sumsum Tulang Belakang	4284,3	4234,5	4109,9	4504,8	4242,4
3	Mandibula	6950	6922	6440,9	7066,1	6584,6
4	Mata Kanan	3829,4	1828,9	1304	2338,1	5156,2
5	Mata Kiri	3908,9	4708	1665,9	2633,1	5128,2
6	Lensa Mata Kanan	548,1	881,7	609,5	942,7	947,1
7	Lensa Mata Kiri	571,1	942,8	527,9	1026,7	790,4

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan mengenai optimalisasi *priority* pada OAR kanker nasofaring menggunakan teknik IMRT ditemukan hasil bahwa nilai optimalisasi *priority* PTV kanker nasofaring masing-masing inisial pasien S, J, SS, ED dan B adalah 120. Nilai *priority* pada batang otak adalah 103, 85, 90, 103, dan 85. Nilai *priority* pada sumsum tulang belakang 82, 88, 85, 85, dan 85. Nilai *priority* pada lensa mata adalah 58, 100, 90, 85, dan 90. Nilai *priority* pada organ mata adalah 65, 90, 70, 0 dan 80. Nilai *priority* pada organ mandibula adalah 72, 100, 90, 99 dan 80. Rentang optimasi nilai *priority* PTV 100 hingga 150 dan nilai *priority* OAR 40 hingga 90 dapat menjadi acuan yang digunakan fisikawan medis untuk perencanaan radioterapi selanjutnya, sehingga mampu mempersingkat waktu perencanaan pasien. Perencanaan dengan optimasi *priority* gabungan (PTV dan OAR) mampu mengoptimalkan distribusi dosis pada PTV dan meminimalkan dosis radiasi yang diterima OAR.

DAFTAR PUSTAKA

- Adham, M., Kurniawan, A. N., Muhtadi, A. I., Roezin, A., Hermani, B., Gondhowiardjo, S., Bing Tan, I., & Middeldorp, J. M. (2012). Nasopharyngeal carcinoma in indonesia: Epidemiology, incidence, signs, and symptoms at presentation. *Chinese Journal of Cancer*, 31(4), 185–196. <https://doi.org/10.5732/cjc.011.10328>
- Aliotta, E., Nourzadeh, H., Choi, W., Gabriel, V., Alves, L., & Siebers, J. V. (2020). An Automated Work fl ow to Improve Ef fi ciency in Radiation Therapy Treatment Planning by Prioritizing Organs at Risk. *Advancesradonc*, 5(6), 1324–1333. <https://doi.org/10.1016/j.adro.2020.06.012>
- Apriantoro, N. H., Wibowo, B. S., Irsal, M., & Kasih, P. C. D. (2017). Result Analysis Of Treatment Planning System Between 3-Dimensional Conformal Radiation Therapy Technique And Intensity Modulated Radiation Therapy Technique In Nasopharyngeal Cancer Cases. *SANITAS: Jurnal Teknologi Dan Seni Kesehatan*, 8(1), 29–34. <https://doi.org/10.36525/sanitas.2017.5>
- Elvira, R., Taufiq, I., Adrial, R., Ilyas, M., Fisika Nuklir, L., Fisika, J., & Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, F. (2021). Analisis Perencanaan Radioterapi Pasien Kanker Nasofaring

- Menggunakan Teknik Intensity Modulated Radiotherapy. *Jurnal Fisika Unand (JFU)*, 10(3), 337–343. <http://jfu.fmipa.unand.ac.id/337>
- ICRU Report 62 Prescribing. (1999). *Recording and Reporting Photon Beam Therapy (Umpplement to ICRU Report 50)*.
- ICRU Report 83. (2010). *Recording and Reporting Photon Beam Intensity Modulated Radiation Therapy*.
- Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir. (2013). *Perka BAPETEN Nomor 3 Tahun 2013 tentang Keselamatan Radiasi Dalam Penggunaan Radioterapi*. BAPETEN Homepage.
- López, P. O., Rajan, G., & Podgorsak, E. B. (2005). Radiation protection and safety in radiotherapy. *Radiation Oncology Physics: A Handbook for Teachers and Students*. Vienna: IAEA, 604–605.
- MAI Yanhua, KONG fantu, YANG yiwei, SONG Ting, Z. L. (2018). *Constraint priority list-based multi-objective optimization for intensity-modulated radiation therapy*. 38(6), 691–697. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1673-4254.2018.06.08>
- Netter, F. . (2019). *Atlas of Human Anatomy Gastroenterology* (Elsevier).
- Sigarlaki, E. D., Imanto, M., Cania, E., Kedokteran, F., Lampung, U., Ilmu, B., Telinga, K., Tenggorok, H., Kepala, B., & Kedokteran, F. (2019). Tatalaksana Radioterapi pada Karsinoma Nasofaring Radiotherapy Management of Nasopharyngeal Carcinoma. *Pengobatan Radioterapi Pada Karsinoma Nasofaring Tatalaksana*, 8(2), 23–26.
- Susworo, R. (2007). *Dasar-dasar Radioterapi*. UI Press.
- Susworo, R., & Kodrat, H. (2017). *Dasar dasar Radioterapi Tata Laksana Radioterapi Penyakit Kanker* (Edisi 2). UI Press.
- Webb, S. (2003). The physical basis of IMRT and inverse planning. *British Journal of Radiology*, 76(910), 678–689. <https://doi.org/10.1259/bjr/65676879>
- Word Health Organization. (2022). *Data Kanker*. https://gco.iarc.fr/today/en/dataviz/pie?mode=cancer&group_populations=1&populations=360