

## Pengaruh Jumlah Segmen, Total Monitor Unit, Volume Tumor dan Jumlah Arah Penyinaran terhadap *Delivery Time* pada *Intensity Modulated Radiation Therapy* (IMRT) Kanker Otak: Studi Observasi di RS Ken Saras

Rika Sumala<sup>1</sup>, Andrey Nino Kurniawan<sup>2</sup>, Elia Aditya Bani Kuntjoro<sup>3</sup>, Rini Indrati<sup>4</sup>,  
Dwi Rochmayanti<sup>5</sup>

<sup>1,3</sup>Ken Saras Hospital, Semarang, Indonesia

<sup>2,4,5</sup> Department of Radiodiagnostic and Radiotherapy Techniques, Poltekkes Kemenkes Semarang, Indonesia

Corresponding author: Rika Sumala

Email: [rikasumala90@gmail.com](mailto:rikasumala90@gmail.com)

### ABSTRACT

**Background:** Intensity Modulated Radiation Therapy allows for more precise treatment but has challenges, namely, long delivery times. Delivery time in IMRT is influenced by parameters such as the number of segments, total monitor units, tumor volume, and the number of beam angle; in the radiotherapy installation of Ken Saras Hospital in making IMRT planning focuses on planning quality. IMRT planning parameters that affect delivery time have never been studied before. The purpose of this study is to determine the effect of the number of segments, total monitor units, tumor volume, and number of beam angle on IMRT delivery time in brain cancer.

**Methods:** this study is analytical observational, sample patient data from January 2022 to December 2023, data samples totaled 30 brain cancer patients, data analysis using statistics tests.

**Results:** The results of the study show that the independent variables affect the dependent variable in brain cancer. First significant parameter is the number of beam angle with coefficients value of (+) 11.403, which means that the addition of 1 number of beam angle will increase the delivery time value by 11.403. Second parameter is the number of segments with coefficients value of (+) 4.406, this means that the addition of 1 number of segments will increase the delivery time value by 4.406. Third parameter is tumour volume with coefficients value of 0.121.

**Conclusions:** The results showed that the parameters significantly affect the delivery time of IMRT in brain cancer are number of segments, tumor volume and number of beam angle.

Keywords: Delivery Time; IMRT; Brain Cancer

### Pendahuluan

Kanker merupakan penyebab kematian nomor tiga di Indonesia setelah penyakit jantung dan stroke. Indonesia melaporkan kasus kanker baru sebesar 396.914 dengan angka kematian 234.511. Istilah “tumor otak” merujuk pada berbagai grup neoplasma yang berasal dari jaringan intrakranial, termasuk meningen (contoh: meningioma). Berdasarkan data terhitung ada 300 pasien setiap tahunnya terdiagnosis tumor otak. Berbagai metode telah dikembangkan untuk mengobati kanker, salah satunya menggunakan radioterapi. Radioterapi merupakan salah satu pilihan utama pengobatan kanker, sekitar 50% sampai 60% pasien membutuhkan terapi radiasi pada tahap tertentu.

*Intensity Modulation Radiation Therapy* (IMRT) adalah perkembangan teknik radiasi 3-dimensi yang merupakan suatu teknik radioterapi untuk menyinari tumor dengan dosis tinggi tanpa menimbulkan kerusakan yang berarti pada jaringan

normal yang berada di sekitar. IMRT menggunakan *Multileaf Collimator*, sehingga lapangan radiasi akan berubah sesuai dengan bentuk tumor dari arah penyinaran. Pada kasus tumor otak dengan perencanaan IMRT menghasilkan kesesuaian dosis yang lebih baik pada target dan *Organ at Risk* (OAR) mendapatkan dosis yang lebih rendah, akan tetapi penggunaan IMRT memiliki kekurangan, yaitu membutuhkan sesi radiasi yang lebih lama dibandingkan radioterapi teknik 2-dimensi. Waktu pemberian radiasi pada penggunaan IMRT berkaitan dengan *delivery time*. *Delivery time* adalah waktu pada satu sesi radiasi yang dihitung mulai dari radiasi dimulai (*beam on*) hingga radiasi selesai (*beam off*).

*Delivery time* merupakan salah satu pertimbangan penting dalam perencanaan IMRT, *delivery time* dipengaruhi oleh beberapa parameter seperti jumlah segmen, total monitor unit, volume tumor dan jumlah radah penyinaran. Segmen merupakan lapangan penyinaran yang di bentuk

oleh *Multi leaf Collimator* (MLC), monitor unit merupakan jumlah radiasi yang keluar dari alat *treatment*, volume tumor didefinisikan sebagai *planning target volume* (PTV) yang di radiasi dan arah lapangan penyinaran adalah sudut gantri yang di gunakan untuk perencanaan radiasi yang optimal. Radioterapi dengan menggunakan IMRT memungkinkan pengobatan yang lebih presisi, akan tetapi, radioterapi dengan IMRT memiliki tantangan, yaitu *delivery time* yang lama.

Pada literatur sebelumnya pengaruh jumlah segmen, total monitor unit, volume tumor dan jumlah arah penyinaran terhadap *delivery time* belum pernah diteliti secara bersamaan, berkaitan dengan hal penulis ingin mengkaji apa saja dan mana saja parameter yang memiliki pengaruh signifikan terhadap *delivery time* pada kanker otak di radioterapi RS Ken Saras. Parameter-parameter digunakan untuk merumuskan formula dalam memprediksi *delivery time*, sehingga dapat digunakan sebagai masukan pada saat perencanaan IMRT untuk memprediksi *delivery time*. Maka dari itu, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh jumlah segmen, total monitor unit, volume tumor dan jumlah arah penyinaran terhadap *Delivery Time* pada *Intensity Modulated Radiation Therapy* (IMRT) kanker otak.

## Metode

Jenis dan desain penelitian ini adalah penelitian observasional analitik dengan pendekatan kuantitatif, yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh jumlah segmen, total monitor unit, volume tumor, jumlah arah penyinaran terhadap *delivery time* pada *Intensity Modulated Radiation Therapy* (IMRT). Waktu pengambilan data penelitian ini adalah pada bulan Maret-Juni 2024. Lokasi penelitian Unit Radioterapi Instalasi Radiologi Rumah Sakit Ken Saras Kabupaten Semarang.

Populasi dalam penelitian ini yaitu Pasien yang telah menjalani radioterapi di RS Ken Saras, Pasien yang telah dilakukan CT Simulasi, *counturing*, *planning* dan penyinaran pada bulan Januari 2022 hingga Desember 2023. Serta pasien pada kanker otak yang menggunakan teknik penyinaran *Intensity Modulated Radiation Therapy* (IMRT). Sampel diambil dari total kanker otak yang menggunakan teknik penyinaran *Intensity Modulated Radiation Therapy* (IMRT) dengan metode pengambilan sampel yang digunakan adalah metode *purposive sampling*. Sampel penelitian ini diambil data dari

perencanaan pada *Treatment Planning System* (TPS) di radioterapi

Rumah Sakit Ken Saras dengan kriteria inklusi dan eksklusi. Kriteria Inklusi meliputi : pasien yang telah dilakukan IMRT, data pasien kanker otak di RS Ken Saras, dan pasien yang dilakukan IMRT dengan rentang dosis 1,7 Gy – 2,2 Gy per fraksi. Kriteria Eksklusi penelitian ini adalah pasien IMRT menggunakan 2 isocenter. Dan jumlah sampel dalam penelitian ini adalah 30 data pasien kanker otak.

Hipotesis penelitian ini adalah sebagai berikut :

- H01 : Tidak Ada Pengaruh Jumlah Segmen Terhadap *Delivery Time* dengan *Intensity Modulated Radiation Therapy* (IMRT) Pada Kanker Otak.
- Ha1 : Ada Pengaruh Jumlah Segmen Terhadap *Delivery Time* dengan *Intensity Modulated Radiation Therapy* (IMRT) Pada Kanker Otak.
- H02 : Tidak Ada Pengaruh Total Monitor Unit Terhadap *Delivery Time* dengan *Intensity Modulated Radiation Therapy* (IMRT) Pada Kanker Otak.
- Ha2 : Ada Pengaruh Total Monitor Unit Terhadap *Delivery Time* dengan *Intensity Modulated Radiation Therapy* (IMRT) Pada Kanker Otak.
- H03 : Tidak Ada Pengaruh Volume Tumor Terhadap *Delivery Time* dengan *Intensity Modulated Radiation Therapy* (IMRT) Pada Kanker Otak.
- Ha3 : Ada Pengaruh Volume Tumor Terhadap *Delivery Time* dengan *Intensity Modulated Radiation Therapy* (IMRT) Pada Kanker Otak.
- H04 : Tidak Ada Jumlah Arah Penyinaran Terhadap *Delivery Time* dengan *Intensity Modulated Radiation Therapy* (IMRT) Pada Kanker Otak.
- Ha4 : Ada Pengaruh Jumlah Arah Penyinaran Terhadap *Delivery Time* dengan *Intensity Modulated Radiation Therapy* (IMRT) Pada Kanker Otak.

## Hasil dan Pembahasan

Dilakukan pengambilan data primer jumlah segmen, total monitor unit, volume tumor, jumlah arah penyinaran terhadap *delivery time* pada *Intensity Modulated Radiation Therapy* (IMRT) pada kanker otak, di dokumentasi berupa tabel.

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan data dari uji regresi linier berganda tersaji pada tabel 2.

Tabel 2 menunjukkan nilai signifikansi uji sebesar 0,001 yang dapat diartikan bahwa nilai  $\alpha$  lebih kecil dari 0.05. Hasil ini menunjukkan  $H_0$  ditolak dan  $H_a$  diterima. Hal ini berarti bahwa jumlah segmen, total monitor unit, volume tumor dan jumlah arah penyinaran secara simultan berpengaruh terhadap *delivery time* pada pasien kanker otak.

Tabel 3 menunjukkan angka  $R^2$  square = 0,950 menunjukkan angka determinasinya ( $R^2$ ) yang artinya variansi dalam jumlah segmen, total monitor unit, volume tumor, jumlah arah penyinaran terhadap *delivery time Intensity Modulated Radiation Therapy* (IMRT) pada kanker otak sebesar 95,5%, sisanya 4,5% berasal dari variabel lain di luar jumlah segmen, total monitor unit, volume tumor, jumlah arah penyinaran.

Pengaruh jumlah segmen, total monitor unit, volume tumor, dan jumlah arah penyinaran terhadap *delivery time* IMRT pada kanker otak secara simultan belum pernah dilakukan penelitian sebelumnya. Berdasarkan data diatas jumlah segmen, total monitor unit, volume tumor dan jumlah arah penyinaran berpengaruh secara simultan terhadap *delivery time Intensity Modulated Radiation Therapy* (IMRT) pada kanker otak.

Jumlah segmen semakin banyak dan semakin kompleks pada perencanaan radioterapi, maka *delivery time* lebih lama. Total monitor unit semakin banyak yang digunakan perfraksi maka membutuhkan *delivery time* yang lama. Volume tumor yang lebih besar membutuhkan *delivery time* yang lebih lama karena target area yang lebih luas untuk diradiasi. Jumlah arah penyinaran semakin banyak, maka membutuhkan waktu *delivery time* yang lama. Parameter-parameter ini penting untuk di pertimbangkan dalam perencanaan IMRT radioterapi.

Nilai  $R^2$  square sebesar 0,950 ini menunjukkan variansi dalam jumlah segmen, total monitor unit, volume tumor, jumlah arah penyinaran terhadap *delivery time Intensity Modulated Radiation Therapy* (IMRT) pada kanker otak sebesar 95,5%. Nilai  $R^2$ -square mendekati angka 1 atau dapat dikatakan mempunyai pengaruh kuat secara-bersama-sama terhadap *delivery time*.

#### **Parameter yang Signifikan Terhadap Delivery Time pada Intensity Modulated Radiation Therapy (IMRT) pada Kanker Otak**

Parameter yang signifikan terhadap *delivery time* pada kanker otak di uji dengan uji regresi linier berganda secara individual. Pengaruh jumlah segmen, total monitor unit, volume tumor, jumlah

arah penyinaran terhadap *delivery time pada Intensity Modulated Radiation Therapy* (IMRT) pada kanker otak di uji dengan uji regresi linier berganda dengan tujuan untuk menguji signifikansi pengaruh satu variabel independen secara individu terhadap variabel dependen.

Tabel 4 menunjukkan parameter pertama yang berpengaruh adalah jumlah arah penyinaran dengan nilai p-value 0,044. Jika di dibandingkan dengan nilai probabilitas 5 % (0,05), nilai p-value lebih kecil dari probabilitas yaitu  $0.044 < 0,05$ , yang artinya bahwa ada pengaruh jumlah arah penyinaran terhadap *delivery time*, arah hubungan pasitif menunjukkan dengan meningkatnya jumlah arah penyinaran maka nilai *delivery time* juga meningkat. Jumlah arah penyinaran memiliki nilai koefisien regresi sebesar 11,403 ini berarti penambahan 1 jumlah arah penyinaran akan meningkatkan nilai *delivery time* sebesar 11,403, dengan asumsi variabel lainnya tetap atau sama. Nilai koefisien regresi pada jumlah arah penyinaran paling besar dan menjadi urutan pertama yang berpengaruh terhadap *delivery time* jika dibandingkan dengan jumlah segmen, total monitor unit, volume tumor.

Dalam praktek klinis, arah lapangan penyinaran sering kali di pilih berdasarkan pengalaman *planner* dan disesuaikan melalui suatu proses untuk membentuk konfigurasi yang optimal (14). Pada prinsipnya jumlah arah penyinaran yang banyak akan memberikan pengaruh pada tercapainya distribusi dosis yang diinginkan, namun pada perencanaan IMRT dengan posisi gantri tetap, di perlukan improvisasi dengan mengurangi jumlah posisi gantri yang digunakan untuk mengurangi waktu penyinaran (11). Meningkatnya jumlah arah penyinaran pada perencanaan IMRT juga dapat memperpanjang *delivery time* (13). Selain itu, durasi *delivery time* yang singkat dapat mengurangi pergerakan organ pada saat radiasi berlangsung (15).

Parameter kedua yang signifikan yaitu jumlah segmen, dengan nilai p-value 0,001. Jika di dibandingkan dengan nilai probabilitas 5 % (0,05), nilai p-value lebih kecil dari probabilitas yaitu p-value  $< 0,05$ , maka  $H_a$  diterima, yang artinya bahwa jumlah segmen berpengaruh terhadap *delivery time*, arah hubungan pasitif menunjukkan dengan meningkatnya jumlah segmen maka nilai *delivery time* juga meningkat. Jumlah segmen memiliki nilai koefisien regresi sebesar 4,406, ini berarti penambahan 1 jumlah segmen akan meningkatkan nilai *delivery time* sebesar 4,406, dengan asumsi variabel lainnya tetap atau sama. Besar nilai koefisien regresi pada jumlah segmen menunjukkan

urutan kedua yang berpengaruh terhadap *delivery time*.

**Tabel 1.** Data Jumlah Segmen, Total Monitor Unit, Volume Tumor, Jumlah Arah, Delivery Time Kanker Otak

No	Nama	Jumlah Segmen	Total Monitor Unit	Volume Tumor	Jumlah Arah Penyinaran	Delivery Time
1	PO1	26	407,8	108,7	7	242,8
2	PO2	36	308,4	56,0	7	236,6
3	PO3	68	598,9	337,9	9	431,7
4	PO4	62	528,8	334,2	7	378,5
5	PO5	69	515,0	374,8	7	452,8
6	PO6	50	358,5	306,3	7	348,6
7	PO7	70	604,2	215,9	7	409,3
8	PO8	69	543,5	446,4	7	439,1
9	PO9	53	657,7	223,2	7	326,0
10	PO10	61	481,7	440,0	9	441,4
11	PO11	39	404,4	714,7	7	340,9
12	PO12	35	367,8	439,3	7	299,4
13	PO13	44	399,3	365,2	7	343,4
14	PO14	54	451,7	158,6	7	334,6
15	PO15	63	559,7	447,4	7	403,3
16	PO16	32	568,0	711,0	7	314,7
17	PO17	49	397,6	250,2	7	319,9
18	PO18	29	339,3	331,5	7	268,0
19	PO19	48	455,0	231,0	7	330,0
20	PO20	46	369,4	400,4	7	376,7
21	PO21	46	469,2	531,1	7	330,4
22	PO22	45	487,7	695,8	7	359,6
23	PO23	39	315,0	180,9	7	274,1
24	PO24	43	415,5	519,1	7	335,7
25	PO25	47	419,4	417,4	7	322,2
26	PO26	36	337,2	363,8	7	293,3
27	PO27	63	566,2	556,2	9	437,1
28	PO28	69	543,5	531,2	7	439,1
29	PO29	76	578,2	472,1	7	498,1
30	PO30	73	676,8	338,3	8	468,2

**Tabel 2.** Hasil Regresi Linier Berganda Secara Simultan Pengaruh Jumlah Segmen, Total Monitor Unit, Volume Tumor dan Jumlah Arah Penyinaran terhadap *Delivery Time* pada Kanker Otak

	p-value	Keterangan
pengaruh jumlah segmen, total monitor unit, volume tumor dan jumlah arah penyinaran terhadap delivery time pada kanker otak	0,001	Berpengaruh

**Tabel 3.** Koefisien Determinasi Pengaruh Jumlah Segmen, Total Monitor Unit, Volume Tumor dan Jumlah Arah Penyinaran terhadap *Delivery Time* IMRT Kanker Otak

	R	R square
pengaruh jumlah segmen, total monitor unit, volume tumor dan jumlah arah penyinaran terhadap <i>delivery time</i> IMRT kanker otak	0,975	0,950

Berdasarkan hasil statistik diatas kesimpulan statistik yang menunjukkan bahwa jumlah segmen berpengaruh positif terhadap *delivery time* pada pasien kanker otak. Hal ini sesuai dengan pernyataan bahwa semakin banyak segmen yang digunakan dalam teknik *step and shoot* IMRT, semakin tidak efisien waktu penyinaran (11), sehingga. inefisiensi ini terjadi karena radiasi on pada saat segmen telah terbentuk, sehingga semakin banyak segmen, *delivery time* semakin meningkat.

**Tabel 4.** Hasil Uji Regresi Linier Berganda Secara Parsial Jumlah Segmen, Total Monitor Unit, Volume Tumor Dan Jumlah Arah Penyinaran Terhadap *Delivery Time* pada kanker Otak

	B	Arah Hubungan	P-value	Keterangan
Konstanta	25,358			
Jumlah Segmen	4,406	positif (+)	0,001	Berpengaruh
Total Monitor Unit	-0,044	negatif (-)	0,358	Tidak Berpengaruh
Volume Tumor	0,121	positif (+)	0,001	Berpengaruh
Jumlah Arah Penyinaran	11,403	positif (+)	0,044	Berpengaruh

Parameter ketiga yang berpengaruh adalah volume tumor dengan nilai p-value 0,001. Jika di bandingkan dengan nilai probabilitas 5 % (0,05), nilai p-value lebih besar dari probabilitas yaitu p-value < 0,05, maka  $H_0$  diterima, yang artinya bahwa volume tumor berpengaruh terhadap *delivery time*, arah hubungan positif menunjukkan dengan besarnya volume tumor maka nilai *delivery time* juga meningkat. Volume tumor memiliki nilai koefisien regresi sebesar 0,121 ini berarti penambahan 1 volume tumor akan meningkatkan nilai *delivery time* sebesar 0,121, dengan asumsi variabel lainnya tetap atau sama. Besar nilai koefisien regresi pada volume tumor menunjukkan urutan kedua yang berpengaruh terhadap *delivery time*.

Kompleksitas distribusi dalam IMRT bergantung pada beberapa faktor klinis seperti bentuk, volume, lokasi tumor, *organ at risk* sekitar tumor, dosis yang dibutuhkan dan lainnya. Pada kasus kepala dan leher sering kali lebih kompleks daripada kasus prostat, penggunaan MLC sangat kompleks, sehingga segmen yang di gunakan cenderung kecil maka *delivery time* lebih panjang. Volume tumor dapat berpengaruh terhadap *delivery time*, sebagai akibat dari kontribusi radiasi yang di transmisikan melalui MLC (segmen) yang di bentuk pada saat pengiriman. Volume tumor yang besar meningkatkan kompleksitas distribusi dosis dalam IMRT. Kompleksitas distribusi dosis ini memerlukan lebih banyak segmen untuk dihasilkan distribusi dosis optimal. Peningkatan jumlah segmen ini menyebabkan *delivery time* menjadi lebih lama.

Berdasarkan data diatas parameter yang signifikan terhadap *delivery time* pada *Intensity Modulated Radiation Therapy* (IMRT) pada kanker otak adalah jumlah segmen, volume tumor dan jumlah arah penyinaran. Penelitian lebih lanjut untuk menganalisa secara bersama perencanaan radioterapi yang optimal untuk menyeimbangkan kualitas perencanaan radioterapi dengan *delivery time* pada pasien kanker otak.

Perumusan model uji estimasi *delivery time* radioterapi kanker otak *Intensity Modulated Radiation Therapy* (IMRT) dengan menggunakan regresi linier berganda

$$Y = 25,358 + 4,406X_1 + 0,121X_3 + 11,403X_4 \dots\dots(1)$$

Keterangan:

- Y = prediksi *delivery time*
- X1 = jumlah segmen
- X3 = volume tumor
- X4 = jumlah arah penyinaran

Dari persamaan tersebut dihitung lalu dimasukkan ke dalam tabel, lalu di dapatkan perkiraan *delivery time*. Rentang nilai jumlah segmen antara 40 hingga 110 dengan interval 10, dengan nilai volume tumor sebesar 383.29 yang merupakan hasil perhitungan dari rata-rata volume pasien kanker otak. Nilai jumlah arah penyinaran dari 6 hingga 11.

**Simpulan**

Berdasarkan hasil penelitian pengaruh berbagai parameter terhadap *delivery time* pada pasien kanker otak, ditemukan bahwa jumlah segmen, total monitor unit, volume tumor, dan jumlah arah

penyinaran secara simultan berpengaruh signifikan terhadap *delivery time* dengan nilai signifikansi 0,001 (p-value < 0,05).

Nilai R-square sebesar 0,950 mendekati angka 1 menunjukkan variansi dalam jumlah segmen, total monitor unit, volume tumor, jumlah arah penyinaran IMRT pada kanker otak dikatakan mempunyai pengaruh kuat secara-bersama-sama terhadap *delivery time*. Ada tiga parameter yang signifikan pada kanker otak yang pertama yaitu jumlah arah penyinaran nilai. Koefisien regresi

sebesar (+) 11,403 ini berarti penambahan 1 jumlah arah penyinaran akan meningkatkan nilai *delivery time* sebesar 11,403, dengan asumsi variabel lainnya tetap atau sama. Parameter kedua yaitu jumlah segmen dengan nilai koefisien regresi sebesar (+) 4,406, ini berarti penambahan 1 jumlah segmen akan meningkatkan nilai *delivery time* sebesar 4,406, dengan asumsi variabel lainnya tetap atau sama. Parameter ketiga yaitu volume tumor dengan nilai koefisien regresi sebesar 0,121 ini berarti penambahan 1 volume tumor akan meningkatkan nilai *delivery time* sebesar 0,121, dengan asumsi variabel lainnya tetap atau sama.

**Tabel 5.** Penentuan *Delivery Time* perfraksi dari Jumlah Segmen dan Monitor Unit Pada Kanker otak dalam Menit

		Jumlah Segmen							
		40	50	60	70	80	90	100	110
Jumlah Arah Penyinaran	6	5.27	6.01	6.74	7.48	8.21	8.94	9.68	10.41
	7	5.46	6.20	6.93	7.67	8.40	9.13	9.87	10.60
	8	5.65	6.39	7.12	7.86	8.59	9.33	10.06	10.79
	9	5.84	6.58	7.31	8.05	8.78	9.52	10.25	10.98
	10	6.03	6.77	7.50	8.24	8.97	9.71	10.44	11.17
	11	6.22	6.96	7.69	8.43	9.16	9.90	10.63	11.36

**Daftar Pustaka**

Santoso H, Djazuly Chalidyanto, Agung Dwi Laksono. The prevalence of cancer in Indonesia: An ecological analysis. *Indian Journal of Forensic Medicine & Toxicology*. 2021 May 17;

MENKES. Keputusan menteri kesehatan republik indonesia nomor HK.01.07/MENKES/397/2020 tentang pedoman nasional pelayanan kedokteran tata laksana tumor otak [Internet]. Jakarta; 2020. Available from: [https://yankes.kemkes.go.id/view\\_unduhan/45/kmk-no-hk0107menkes3972020](https://yankes.kemkes.go.id/view_unduhan/45/kmk-no-hk0107menkes3972020)

Andre R, Wahyu B, Purbaningtyas R. Klasifikasi tumor otak menggunakan convolutional neural network dengan arsitektur efficientnet-B3 [Internet]. Vol. 11. 2021. Available from: <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/just-it/index>

Fitriatuzakkiyyah N, Sinuraya RK, Puspitasari IM. Cancer therapy with radiation: the basic concept of radiotherapy and its development in Indonesia. *Indonesian Journal of Clinical Pharmacy* [Internet]. 2017 Dec 1;6(4):311–20. Available from: <http://jurnal.unpad.ac.id/ijcp/article/view/16009>

Hiswara E. Status terkini dan prospektif masa depan radioterapi di Indonesia. 2017 Nov 27; Available from: [https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/49/084/49084065.pdf](https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/49/084/49084065.pdf)

Firmansyah AF, Sunaryati I, Rajagukguk N, Wurdianto G, Keselamatan PT, Radiasi - Batan M. Perkembangan teknologi pada pesawat teleterapi di Indonesia dan aspek keselamatannya. 2017 [cited 2024 Jan 7]; Available from: [https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/51/070/51070170.pdf](https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/51/070/51070170.pdf)

Kuo CY, Liu WH, Chou YC, Li MH, Tsai JT, Huang DYC, et al. To optimize radiotherapeutic plans for superior tumor coverage predicts malignant glioma prognosis and normal tissue complication probability. *J Clin Med*. 2022 May 1;11(9).

El-Maraghy K, Attalla EM, Attia WM, El-Maraghy KA, Attiah WM, Author CC. Influence of monitor units in the intermediate-risk group for prostate cancer using sliding window and step-and-shoot

- intensity modulated radiation therapy techniques. Article in IOSR Journal of Applied Physics [Internet]. 2019;11(2):22–32. Available from: [www.iosrjournals.org](http://www.iosrjournals.org)
- Das IJ, Nicholas J Sanfilippo, Antonella Fogliata, Luca Cozzi. Intensity modulated radiation therapy a clinical overview. Frank Verhaegen, Carmel Caruana, Penelope Allisy-Robert, Rory Cooper, editors. Philadelphia: IOP Publishing Ltd; 2020.
- Susworo, Kodrat Hendry. Dasar dasar radioterapi tata laksana radioterapi penyakit kanker. Edisi II. Jakarta: UI Press; 2017.
- Halperin E. Perez and brady's principles and practice of radiation oncology. Seventh Edition. Wazer DE, Perez C, editors. Philadelphia: Wolters Kluwer; 2019.
- Shen Y, X. Li. Fewer beams and segments result in a shorter delivery time and a better quality intensity modulated radiotherapy plan in gastric cancer. International Journal of Radiation Research. 2017;
- Hasan SQ, Tahir EM, Aloosi SN. Effect of field number on intensity modulated radiation therapy plan quality in head and neck cancer. Int J Health Sci (Qassim). 2022 Sep 3;2152–61.
- Yuan L, Zhu W, Ge Y, Jiang Y, Sheng Y, Yin FF, et al. Lung IMRT planning with automatic determination of beam angle configurations. Phys Med Biol. 2018 Jul 6;63(13).
- Erkal EY, Karabey A, Sahin MC, Karayel A, Tirpanci B, Erkal H. Intensity modulated radiotherapy planning for prostate cancer: The evaluation of interobserver variability and treatment delivery efficiency. International Journal of Radiation Research. 2022 Jan 1;20(1):49–53.