

Studi Dosis Radiasi Berkas Foton Energi 6 MV dan 10 MV Terhadap Nilai HI dan CI pada Kasus Kanker Serviks Menggunakan Teknik *Intensity Modulated Radiation Therapy* (IMRT)

I Wayan Suarya^{1*}, Gusti Ngurah Sutapa², Wayan Balik Sudarsana³, Ida Bagus Made Suryatika⁴, Made Sumadiyasa⁵, I Gusti Agung Widagda⁶

^{1,3,4,5,6} Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana, Bali, Indonesia.

² RSUP Prof. I G. N. G. Ngoerah Denpasar, Bali, Indonesia.

Received: 27 August 2024
Revised: 20 December 2024
Accepted: 23 December 2024

Corresponding Author:
I Wayan Suarya
wayansuarya443@gmail.com

© 2024 Kappa Journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License



DOI:
<https://doi.org/10.29408/kpj.v8i3.27385>

Abstract: Penelitian ini menganalisis distribusi dosis radiasi foton 6 MV dan 10 MV pada pasien kanker serviks menggunakan teknik Intensity Modulated Radiation Therapy (IMRT). Tujuan penelitian adalah untuk mengevaluasi keseragaman dosis dan kecocokan dosis pada Planning Target Volume (PTV) dengan menggunakan Homogeneity Index (HI) dan Conformity Index (CI). Sampel penelitian terdiri dari 10 pasien kanker serviks yang dirawat di RSUP Prof. I G. N. G. Ngoerah Denpasar. Dosis yang diterima pasien dianalisis menggunakan Dose Volume Histogram (DVH) untuk masing-masing energi foton. Hasil menunjukkan bahwa rata-rata HI untuk energi 6 MV adalah 0,0817 dan untuk 10 MV adalah 0,0803, sementara CI untuk 6 MV dan 10 MV masing-masing adalah 0,9556 dan 0,9701. Nilai HI dan CI yang dihasilkan sesuai dengan standar ICRU Report 83, yang menunjukkan distribusi dosis yang seragam dan efektif pada PTV. Temuan ini mengindikasikan bahwa kedua energi foton dapat memberikan distribusi dosis yang optimal, dan pemilihan energi dapat disesuaikan dengan kebutuhan klinis tanpa mengurangi kualitas terapi.

Keywords: Distribusi dosis; Kanker serviks; IMRT; Energi Foton; HI; CI

Pendahuluan

Kemajuan teknologi di bidang kesehatan berkembang pesat, termasuk dalam pemanfaatan sinar-X untuk diagnostik dan terapi penyakit. *Linear Accelerator* (LINAC) adalah perangkat teleterapi yang berfungsi mempercepat pergerakan elektron secara linier untuk menghasilkan berkas foton dan elektron dalam radioterapi. Energi berkas foton yang dihasilkan berkisar 6 MV hingga 10 MV, sedangkan berkas elektron memiliki energi antara 4 MeV hingga 18 MeV (Vadila & Milvita, 2018). Energi foton 6 MV dan 10 MV dipilih karena mampu memberikan penetrasi optimal yang dibutuhkan untuk menjangkau target terapi pada kanker serviks, dengan risiko minimal terhadap jaringan organ normal (Ashary, 2021).

Selain itu, teknologi radioterapi kini memanfaatkan teknik canggih seperti *Intensity Modulated Radiation Therapy* (IMRT) yang mampu meningkatkan akurasi dalam perencanaan dosis dibanding teknik *3D Conformal Radiotherapy* (3DCRT) (Maretina, et al., 2020). Dalam radioterapi, pemanfaatan radiasi guna menghancurkan sel kanker memerlukan perhatian khusus agar tidak merusak jaringan sehat di sekitarnya, terutama *Organ At Risk* (OAR) seperti *bladder*, *rectum*, dan *femoral head*. Oleh karena itu, verifikasi dosis menjadi hal penting untuk memastikan keamanan dan efektivitas terapi (Handayani, Milvita, Herlinda, & Sandy, 2016).

Kanker serviks merupakan salah satu penyebab kematian tertinggi di antara kanker pada wanita di

How to Cite:

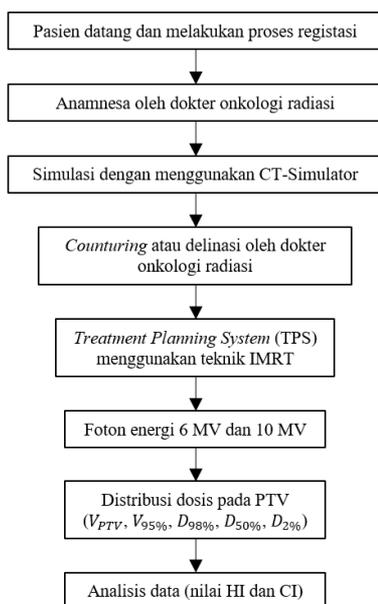
Suarya, I W., Sutapa, G. N., Sudarsana, W. B., Suryatika, I. B. M., Sumadiyasa, M., & Widagda, I G. A. (2024). Studi Dosis Radiasi Berkas Foton Energi 6 MV dan 10 MV Terhadap Nilai HI dan CI pada Kasus Kanker Serviks Menggunakan Teknik *Intensity Modulated Radiation Therapy* (IMRT). *Kappa Journal*, 8(3), 432-435. <https://doi.org/10.29408/kpj.v8i3.27385>

Indonesia, yang berada di peringkat kedua dengan kasus terbanyak pada wanita setelah kanker payudara (Novalia, 2023). Radioterapi eksternal dengan LINAC menjadi salah satu metode utama pengobatan kanker serviks, khususnya pada stadium lanjut. Pemanfaatan teknik IMRT dalam terapi kanker serviks menawarkan distribusi dosis yang lebih presisi sehingga dapat memaksimalkan efek pada sel target dan meminimalkan kerusakan pada OAR (Effina, Milvita, & Ilyas, 2022).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis distribusi radiasi foton dengan energi 6 MV dan 10 MV pada OAR pada kasus kanker serviks menggunakan teknik IMRT. Studi ini mengevaluasi dosis yang diterima OAR berdasarkan *Dose Volume Histogram* (DVH) yaitu grafik distribusi dosis untuk cakupan target dan OAR, nilai *Homogeneity Index* (HI) yang merupakan ukuran keseragaman dosis dalam target, dan *Conformity Index* (CI) yang menunjukkan seberapa baik dosis mengikuti bentuk target. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi dosis optimal untuk perlindungan organ normal di sekitar target terapi.

Metode

Penelitian ini dilakukan di Instalasi Radioterapi RSUP Prof. I G. N. G. Ngoerah Denpasar pada bulan Desember 2023 hingga Mei 2024 menggunakan pesawat CT-Simulator jenis *Canon Aquilion* dan Komputer *Treatment Planning System* (TPS) jenis *Monaco*. Data yang digunakan berasal dari hasil pemeriksaan radioterapi 10 pasien kanker serviks, mencakup distribusi dosis pada *Planning Target Volume* (PTV), dan *Volume PTV* (V_{PTV}) untuk target radiasi. Analisis dilakukan untuk energi foton 6 MV dan 10 MV menggunakan teknik IMRT dengan alur penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alur penelitian

Data yang dikumpulkan meliputi dosis yang melingkupi 98% volume PTV ($D_{98\%}$), 50% volume PTV ($D_{50\%}$), 2% volume PTV ($D_{2\%}$), serta V_{PTV} dan volume yang menerima dosis 95% ($V_{95\%}$). Analisis keseragaman distribusi dosis pada PTV dilakukan dengan menghitung HI menggunakan Persamaan 1.

$$HI = \frac{D_{2\%} - D_{98\%}}{D_{50\%}} \tag{1}$$

Keterangan:

- $D_{2\%}$ = dosis pada 2% volume PTV (cGy)
- $D_{98\%}$ = dosis pada 98% volume PTV (cGy)
- $D_{50\%}$ = dosis pada 5% volume PTV (cGy)

Berdasarkan ICRU *Report* 83, nilai HI yang ideal adalah 0, yang menunjukkan distribusi dosis homogen. Selain itu, untuk menilai kesesuaian distribusi dosis dengan target tumor, dapat menghitung CI menggunakan Persamaan 2.

$$CI = \frac{V_{95\%}}{V_{PTV}} \tag{2}$$

Keterangan:

- $V_{95\%}$ = volume total yang menerima dosis 95% (cm³)
- V_{PTV} = volume PTV pada suatu target radiasi (cm³)

Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian distribusi dosis pada PTV untuk energi 6 MV dan 10 MV disajikan pada Tabel 1 dan Tabel 2. Tabel ini mencakup distribusi dosis pada PTV ($D_{2\%}$, $D_{98\%}$, $D_{50\%}$) serta volume terkait ($V_{95\%}$, V_{PTV}).

Tabel 1. Distribusi dosis pada PTV untuk energi 6 MV

Pasien ke-	Distribusi dosis pada PTV				
	$D_{2\%}$ (cGy)	$D_{98\%}$ (cGy)	$D_{50\%}$ (cGy)	$V_{95\%}$ (cm ³)	V_{PTV} (cm ³)
1	5193,7	4823,6	5066,1	956,8	999,0
2	5137,6	4775,8	5019,0	1672,1	1734,7
3	5177,3	4734,7	5059,9	797,8	821,0
4	5211,3	4763,9	5080,0	1438,3	1486,9
5	5173,2	4721,6	5045,0	1423,1	1458,1
6	5218,0	4653,7	5091,4	703,7	7172,4
7	5192,5	4708,3	5052,6	995,1	1018,9
8	5260,9	4819,1	5098,7	1741,4	1822,1
9	5158,2	4827,2	5054,2	2096,2	2183,1
10	5152,8	4870,2	5055,8	956,0	1002,7
Rata-rata	5187,6	4769,8	5062,3	1278,0	1324,4

Tabel 2. Distribusi dosis pada PTV untuk energi 10 MV

Pasien ke-	Distribusi dosis pada PTV				
	$D_{2\%}$ (cGy)	$D_{98\%}$ (cGy)	$D_{50\%}$ (cGy)	$V_{95\%}$ (cm ³)	V_{PTV} (cm ³)
1	5179,2	4822,2	5060,7	956,8	998,9
2	5207,0	4807,2	5091,7	1672,1	1741,1
3	5160,9	4675,2	5030,4	797,7	808,6
4	5160,7	4753,7	5034,3	1438,3	1484,7
5	5127,9	4700,1	5007,8	1423,1	1451,1
6	5163,1	4615,3	5035,8	703,7	710,8
7	5155,5	4698,4	5025,5	995,1	1015,1
8	5172,0	4844,7	5069,5	2096,2	2185,8
9	5158,2	4896,0	5066,9	956,0	1003,7
10	5145,3	4760,1	5110,1	1741,4	1805,3
Rata-rata	4698,6	4757,3	5053,3	1278,0	1320,5

Tabel 1 dan 2 menunjukkan bahwa rata-rata distribusi dosis pada energi 6 MV lebih tinggi dibandingkan dengan energi 10 MV. Hal ini menunjukkan potensi energi 6 MV dalam memberikan dosis yang lebih optimal pada PTV. Selanjutnya, dilakukan perhitungan nilai HI dan CI menggunakan Persamaan 1 dan 2. Contoh perhitungan dilakukan menggunakan data pasien ke-1 untuk energi 6 MV sebagai berikut.

Diketahui:

$$\begin{aligned}
 D_{2\%} &= 5193,7 \text{ cGy} & V_{95\%} &= 956,8 \text{ cm}^3 \\
 D_{98\%} &= 4823,6 \text{ cGy} & V_{PTV} &= 999,0 \text{ cm}^3 \\
 D_{50\%} &= 5066,1 \text{ cGy}
 \end{aligned}$$

Sehingga, didapatkan nilai HI dan CI sebagai berikut:

$$HI = \frac{D_{2\%} - D_{98\%}}{D_{50\%}} = \frac{5193,7 \text{ cGy} - 4823,6 \text{ cGy}}{5066,1 \text{ cGy}} = \frac{370,1 \text{ cGy}}{5066,1 \text{ cGy}} = 0,073$$

$$CI = \frac{V_{95\%}}{V_{PTV}} = \frac{956,8 \text{ cm}^3}{999,0 \text{ cm}^3} = 0,958$$

Perhitungan dilakukan untuk keseluruhan data pasien dengan cara yang sama. Hasil perhitungan HI dan CI ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil perhitungan HI dan CI energi 6 MV dan 10 MV

Pasien ke-	Energi 6 MV		Energi 10 MV	
	HI	CI	HI	CI
1	0,0731	0,9578	0,0705	0,9579
2	0,0721	0,9639	0,0785	0,9604
3	0,0875	0,9718	0,0966	0,9865
4	0,0881	0,9673	0,0808	0,9687
5	0,0895	0,9764	0,0854	0,9807
6	0,1108	0,9815	0,1088	0,9900
7	0,0958	0,9766	0,0910	0,9803
8	0,0866	0,9557	0,0646	0,9590
9	0,0655	0,9602	0,0517	0,9525
10	0,0559	0,9534	0,0754	0,9646
Rata-rata	0,0817	0,9556	0,0803	0,9701
Nilai tertinggi	0,1108	0,9766	0,1088	0,9865
Nilai terendah	0,0558	0,9534	0,0517	0,9525

Nilai rata-rata HI untuk energi 6 MV dan 10 MV masing-masing adalah 0,0817 dan 0,0803. Nilai ini

berada dalam standar ICRU Report 83, yaitu antara 0 hingga 0,3, yang menunjukkan distribusi dosis pada PTV seragam. Pasien ke-6 memiliki nilai HI tertinggi, sedangkan pasien ke-9 memiliki nilai HI terendah. Perbedaan nilai rata-rata HI antara energi 6 MV dan 10 MV hanya sebesar 0,0014, menunjukkan perbedaan distribusi dosis yang sangat kecil.

Nilai rata-rata CI untuk energi 6 MV dan 10 MV masing-masing adalah 0,9556 dan 0,9701, yang mendekati nilai ideal (1) (ICRU, 2010). Hal ini menunjukkan bahwa distribusi dosis telah mencakup seluruh PTV dengan baik. CI tertinggi untuk energi 6 MV ditemukan pada pasien ke-7, sedangkan untuk energi 10 MV pada pasien ke-9. Perbedaan rata-rata CI antara kedua energi sebesar 0,0145 juga menunjukkan perbedaan kecil.

Nilai HI dan CI yang rendah menunjukkan teknik IMRT mampu memberikan distribusi dosis yang seragam dan tepat pada PTV (Husni, Shafii, Adrial, & Ilyas, 2021). Kedua energi (6 MV dan 10 MV) mampu memberikan distribusi dosis yang seragam dan melingkupi PTV dengan baik. Pemilihan energi dapat disesuaikan dengan kebutuhan klinis tanpa mengurangi kualitas distribusi dosis (Djohan, et al., 2024).

Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa teknik IMRT dengan energi 6 MV dan 10 MV dapat memberikan distribusi dosis yang seragam dan tepat pada PTV pada pasien kanker serviks. Nilai HI dan CI yang dihitung untuk kedua energi menunjukkan distribusi dosis yang baik, dengan rata-rata HI dalam batas yang diterima menurut ICRU Report 83, serta CI mendekati nilai ideal (1), yang menandakan cakupan dosis yang optimal pada PTV. Meskipun terdapat sedikit perbedaan antara energi 6 MV dan 10 MV, keduanya mampu memenuhi standar kualitas distribusi dosis, yang memungkinkan pemilihan energi sesuai kebutuhan klinis tanpa mengurangi efektivitas terapi.

Daftar Pustaka

Ashary, I. (2021). *Analisis Dosis Radiasi Foton Linear Accelerator 10 MV pada Terapi Kanker Serviks dengan Teknik 3DCRT dan IMRT Menggunakan PHITS*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.

Djohan, J., Shafira, N., Saleha, Astuty, S. D., Ibrahim, A. A., Pratiwi, A. H., & Dewang, S. (2024). Analisis Nilai CI, HI dan DVH Organ Jantung dengan Teknik IMRT pada Pasien Kanker Payudara Post Mastektomi. *Buletin Fisika*, 25(2), 256-263. doi:https://doi.org/10.24843/BF.2024.v25.i02.p14

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. doi:<https://doi.org/10.25077/jfu.11.1.126-130.2022>
- Handayani, M., Milvita, D., Herlinda, S., & Sandy, K. Y. (2016). Verifikasi Ketepatan Hasil Perencanaan Nilai Dosis Radiasi Terhadap Penerimaan Dosis Radiasi Pada Pasien Kanker. *Jurnal Fisika Unand*, 5(2), 159-165. doi:<https://doi.org/10.25077/jfu.5.2.159-165.2016>
- Husni, M., Shafii, M. A., Adrial, R., & Ilyas, M. (2021). Analisis Perbandingan Nilai Conformity Index dan Homogeneity Index pada Tekni 3D-CRT dan IMRT pada Kasus Kanker Payudara Berdasarkan Hasil TPS di RS UNAND. *Jurnal Fisika Unand*, 10(4), 511-517. doi:<https://doi.org/10.25077/jfu.10.4.511-517.2021>
- ICRU. (2010). Prescribing, Recording, and Reporting Photon-Beam IMRT. *Journal of The International Commission on Radiation Units and Measurements*, 10(1). doi:10.1093/jicru/ndq002
- Maretina, R. M., Irsal, M., Hidayat, W., Nurudidin, Misjuherlina, & Fenia. (2020). Perbandingan Dosis Organ At Risk pada Penyinaran Kanker Nasofaring dengan Teknik Intensity Modulated Radiotherapy Berbasis Linear Accelerator dan Helical Tomotherapy. *Prosiding Seminar Nasional dan Call For Papers* (pp. 1-7). Jakarta: Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan Jakarta II.
- Novalia, V. (2023). Kanker Serviks. *GALENICAL: Jurnal Kedokteran dan Kesehatan Mahasiswa Malikussaleh*, 2(1), 45-56.
- Suhartono, B. H., Budi, W. S., & Hidayanto, E. (2014). Distribusi Dosis Photon Menggunakan Teknik 3DCRT dan IMRT Pada Radiasi Whole Pelvic Karsinoma Serviks. *Jurnal Berkala Fisika*, 17(4), 121-128. Retrieved from https://ejournal.undip.ac.id/index.php/berkala_fisika/article/view/9295
- Vadila, M., & Milvita, D. (2018). Analisis Keluaran Berkas Elektron Pesawat Terapi LINAC Varian CX6264 di Rumah Sakit Universitas Andalas. *Jurnal Fisika Unand*, 7(2), 91-96. Retrieved from <https://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=802695&val=7496&title=Analisis%20Keluaran%20Berkas%20Elektron%20Pesawat%20Terapi%20LINAC%20Tipe%20Varian%20CX%206264%20di%20Rumah%20Sakit%20Universitas%20Andalas>