

# Distribution of Radiation Doses Received by Organs at Risk in Cervical Cancer Using Intracavitary Brachytherapy Technique

I Made Raditya Anandika Putra<sup>1\*</sup>, Gusti Ngurah Sutapa<sup>2</sup>, I Gde Antha Kasmawan<sup>3</sup>, Ni Nyoman Ratini<sup>4</sup>, I Made Satriya Wibawa<sup>5</sup>, I Ketut Putra<sup>6</sup>

<sup>1,2,3,4,5,6</sup> Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana, Bali, Indonesia.

Received: 24 December 2024

Revised: 13 August 2025

Accepted: 27 August 2025

Corresponding Author:

Gusti Ngurah Sutapa

[sutapafis97@unud.ac.id](mailto:sutapafis97@unud.ac.id)

© 2025 Kappa Journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License



DOI:

<https://doi.org/10.29408/kpj.v6i2.29017>

**Abstract:** A study entitled Distribution of Radiation Doses Received by Organs at Risk in Cervical Cancer Using Intracavitary Brachytherapy Technique has been conducted. The study was conducted at the Radiotherapy Sub-Installation of Prof. Dr. I.G.N.G Ngoerah Hospital with the aim of determining the distribution of doses received by High Risk Clinical Target Volume (D2cc) and Organs at Risk (D90). Determining the distribution of doses received by High Risk Clinical Target Volume (D2cc) and Organs at Risk (D90) in cervical cancer patients is still within the recommended limits in ICRU Report 89. This study used ionizing radiation by inserting radioactive cobalt-60 using internal radiotherapy techniques, namely intracavitary brachytherapy. Before the irradiation process is carried out, there is a planning stage or Treatment Planning System (TPS). The reference for this research standard is for HRCTV of 95% -107% and for OAR bladder  $\leq 80\%$  rectum  $\leq 75\%$ . The average percentage of dose distribution received by HRCTV was 104.2% which is equivalent to 7.2 Gy which is still within the range of 95% - 107%, in the bladder it was 69.4% which is equivalent to 5. Gy which is still below the value  $\leq 80\%$ , and in the rectum it was 57% which is equivalent to 4.1 Gy which is still below the value  $\leq 75\%$ . The dose distribution value in HRCTV and OAR was still within the tolerance limit listed in the recommended value in GEC-ESTRO-ABS, and ICRU Report 89.

**Keywords:** Brachytherapy; Distribuibon dose; Organ At Risk; Cancer Serviks; HRCTV

## Pendahuluan

Perkiraan *Global Cancer Observatory* (GLOBOCAN) mengenai angka kematian dan kasus positif dari 36 jenis kanker di 185 negara di seluruh dunia menunjukkan angka 614.127 kasus baru untuk kanker serviks dan 341.831 kematian akibat keganasan kanker ini pada tahun 2020 (Sung dkk., 2021). Dalam pengobatan penyakit kanker serviks, perlu diketahui karakteristik tumor dan cara penyebarannya, dimana brakhiterapi tersebut merupakan salah satu metode pengobatan untuk kanker serviks (Gul dkk., 2021). Total

kasus baru kanker serviks selama periode 1 Januari 2022 sampai dengan 1 Januari 2023 adalah 302 pasien. Mayoritas penderita kanker serviks memiliki rentang usia 50-60 tahun, yakni sebanyak 103 pasien (34,1%). Berdasarkan data Sebagian besar subjek penderita adalah tidak pernah melahirkan, yakni sebanyak 135 pasien (44,7%). Untuk stadium yang paling dominan mengenai pasien Wanita kanker serviks di RSUP Prof. Dr. I.G.N.G Ngoerah (Mahendra dkk., 2022). Prinsip radioterapi adalah memberikan radiasi dosis tinggi ke tumor sambil meminimalkan paparan ke jaringan sehat

## How to Cite:

Putra, I. M. R. A., Sutapa, G. N., Kasmawan, I. G. A., Ratini, N. N., Wibawa, I. M. S., & Putra, I. K. (2025). Distribution of Radiation Doses Received by Organs at Risk in Cervical Cancer Using Intracavitary Brachytherapy Technique. *Kappa Journal*, 9(2), 230-236. <https://doi.org/10.29408/kpj.v6i2.29017>

disekitarnya. Proses kanker serviks membutuhkan teknik pencitraan dan perencanaan pengobatan yang canggih untuk memastikan bahwa dosis radiasi diberikan dengan presisi yang tinggi sesuai dengan bentuk dan lokasi tumor (Abdel dkk., 2021).

Radioterapi dapat mematikan sel kanker dengan pemberian dosis radiasi sesuai bentuk serta ukuran dari target kanker dan tetap memperhatikan distribusi dosis radiasi yang diterima pada organ berisiko disekitarnya. Berdasarkan tujuannya, radioterapi dapat digunakan sebagai terapi kuratif dan paliatif (Fitriatuzzakiyyah dkk., 2017). Terapi kuratif merupakan terapi tunggal yang digunakan dalam penyembuhan suatu kanker, seperti kanker nasofaring, kanker limfoma, dan kanker kulit. Terapi paliatif merupakan terapi yang berfungsi meningkatkan kualitas hidup dengan cara menghilangkan gejala-gejala kanker. Berdasarkan teknik pemberian radiasinya, radioterapi dapat dilakukan dengan cara terapi internal dan eksternal. radiasi di dalam tubuh pasien pasien di sekitar tumor, sedangkan terapi eksternal adalah terapi yang dilakukan dengan memancarkan radiasi di luar tubuh pasien pasien di sekitar tumor. Terapi internal biasanya digunakan dalam penanganan penyakit kanker serviks, kanker nasofaring dan kanker payudara (Wulandari, 2012). Brakhiterapi merupakan metode radioterapi pengobatan kanker dengan menyisipkan *seed* sumber radiasi ke dalam tubuh pasien sehingga distribusi dosis radiasi tepat pada target kanker (Saptiama dkk., 2014).

Teknik intrakaviter adalah salah satu teknik penempatan sumber brakhiterapi dimana sumber radiasi ditempatkan pada suatu gagang dan dimasukkan ke dalam organ tubuh yang mengandung tumor, seperti uterus atau vagina, maupun nasofaring. Berdasarkan kekuatan sumber radiasinya, brakhiterapi dapat dibagi menjadi tiga yaitu *High Dose Rate* (HDR) dengan laju dosis  $D \leq 12 \text{ Gy/jam}$ , *Medium Dose Rate* (MDR) dengan laju dosis  $2 \text{ Gy/jam} \leq 12 \text{ Gy/jam}$ , dan *Low Dose Rate* (LDR) dengan laju dosis  $0,4 \text{ Gy/jam} \leq D \leq \text{Gy/jam}$ . Brakhiterapi LDR sering digunakan dengan metode penempatan sumber radiasi secara permanen (*permanent implant seed*) baik atau dekat dengan tumor. Sedangkan brakhiterapi MDR dan HDR ditempatkan di dalam atau dekat dengan tumor untuk jangka waktu yang singkat (*temporary implant seed*), (Susilo dkk., 2019). Brakhiterapi dapat digunakan sendiri atau dikombinasikan dengan pengobatan kanker lainnya seperti pembedahan, terapi radiasi eksternal, atau kemoterapi (Gondhowiardjo, 2003; Suharmono dkk., 2021). Brakhiterapi ini digunakan untuk mengobati berbagai jenis kanker, termasuk kanker prostat, serviks, payudara, dan kulit.

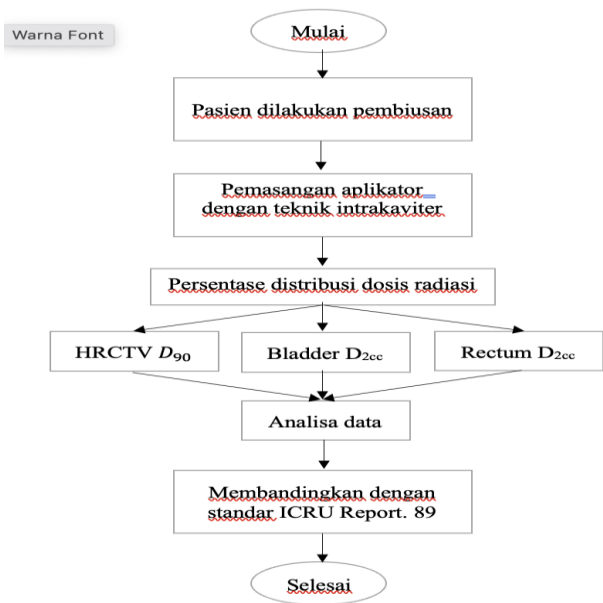
Sebelum dilakukan proses penyinaran terdapat tahap perencanaan atau *Treatment Planning System* TPS (*Treatment Planning System*) merupakan suatu bentuk perencanaan yang dilakukan terhadap pasien sebelum

diberikan pengobatan radioterapi, TPS berupa suatu sistem yang bertujuan untuk memastikan proses penyinaran yang akan diberikan dapat bekerja secara optimal melalui parameter-parameter yang akan ditentukan seperti luas lapangan, arah sudut penyinaran, besar dosis, serta parameter-parameter lainnya. TPS juga bertujuan untuk mengatur distribusi dosis radiasi agar maksimal pada target kanker dan tetap melindungi organ berisiko disekitarnya (Winarni dkk., 2021).

Pesatnya perkembangan teknologi brakhiterapi, *Groupe Européen de Curiethérapie-European Society for Radiotherapy and Oncology* (GEC-ESTRO) merekomendasikan penerapan konsep *High Risk Clinical Target Volume* (HRCTV), *Intermediate Risk Clinical Target Volume* (IRCTV) dan *Organ at Risk* (OAR dosis radiasi minimal pada  $2 \text{ cm}^3$  jaringan normal dan dosis tertinggi (D2cc) harus dipantau dengan cermat untuk memastikan dosis tidak melebihi batas yang dapat ditoleransi oleh jaringan tersebut. Dose to  $2 \text{ cm}^3$  (D2cc) adalah parameter dosis tertinggi yang diterima oleh volume  $2 \text{ cm}^3$  dari jaringan normal yang berdekatan dengan target pengobatan (Gul dkk., 2021). Dalam tahap perencanaan perawatan pasien distribusi dosis pada HRCTV, IRCTV dan OAR harus sangat diperhatikan agar target kanker mendapat dosis sesuai preskripsi tanpa membahayakan organ sehat disekitarnya. Berdasarkan rekomendasi International Commission of Radiation Unit and Measurements (ICRU) Report. 89 persentase dosis pada HRCTV (D<sub>90</sub>) adalah sebesar 90% - 107%, bladder (D2cc) adalah sebesar  $\leq 80\%$  dari given dose dan pada rectum (D2cc) adalah sebesar  $\leq 75\%$  dari given dose. Berdasarkan latar belakang diatas, maka perlu dilakukan penelitian Distribusi Dosis Radiasi yang diterima *Organ At Risk* pada Kanker Serviks menggunakan Teknik Brakhiterapi Intrakaviter.

## Metode

Penelitian dilakukan di Sub Instalasi Radioterapi RSUP Prof. Dr. I.G.N.G Ngoerah. Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu Pesawat Brakhiterapi Cobalt-60, CT Simulator, *Software* TPS Sagiplan, adapun alur pelaksanaan penelitian ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Data penelitian ini adalah data sekunder hasil perhitungan treatment planning system software dari hasil planning konsultasi fisikawan medis dan dokter onkologi radiasi. Dari data distribusi dosis OAR pada kanker serviks menggunakan teknik intrakaviter pada pesawat brakhiterapi masing-masing bladder dan rektum sebanyak 30 pasien selanjutnya dengan menggunakan program excel kemudian dibandingkan dengan rekomendasi ICRU Report. 89 yaitu persentase dosis pada rektum adalah sebesar 80% dari D2cc rektum dan pada bladder adalah sebesar 75% dari D2cc bladder. Jika nilai distribusi dosis bladder dan rektum lebih kecil dari rekomendasi ICRU Report. 89 maka pelayanan di RSUP Prof Ngurah sudah sesuai dengan standar. Dari pengujian ini diharapkan memenuhi tingkat kepercayaan sebesar 95% atau signifikan 0,05. Hipotesis statistik yang diajukan sebagai berikut:

$H_0$  : Nilai distribusi dosis yang diperoleh tidak melebihi batas yang ditetapkan oleh standar ICRU Report. 89.

$H_1$  : Nilai distribusi dosis yang diperoleh melebihi batas yang ditetapkan oleh standar ICRU Report. 89.

Dari hasil uji statistik yang dilakukan akan dilihat dan dibandingkan nilai  $t_{tabel}$  dan nilai  $t_{hitung}$  yang diperoleh. Jika nilai  $t_{hitung} < t_{tabel}$  maka hipotesis  $H_0$  diterima dan  $H_1$  ditolak, sebaliknya apabila nilai  $t_{hitung} > t_{tabel}$  maka  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima (Sugiyono, 2021).

Hasil dan Pembahasan

Penelitian telah dilakukan pada bulan September 2024 - Januari 2025 di Sub Instalasi Radioterapi RSUP Prof. Dr. I.G.N.G Ngoerah, Data hasil penelitian berkaitan distribusi dosis meliputi pada target kanker dan organ sehat atau OAR diantaranya HRCTV, bladder dan rectum, data yang diambil pada

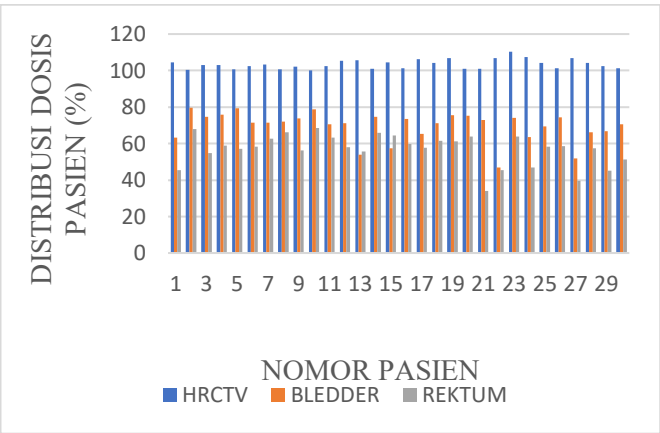
pasien kanker serviks menggunakan teknik brakhiterapi sebanyak 30 pasien Hal ini dibuktikan dari Jurnal karya Suharmono dkk Tahun 2021 mengenai brakhiterapi teknik intrakaviter dengan standar ICRU Report 89 dimana untuk radiasi yang diberikan dengan dosis yang tinggi pada area yang spesifik seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 1. Data Distribusi Dosis Radiasi pada Kanker Servik yang dinyatakan dalam persentase dan Gy.

| No        | Pasien | HRCTV |     | Bladder |     | Rektum |     |
|-----------|--------|-------|-----|---------|-----|--------|-----|
|           |        | (%)   | Gy  | (%)     | Gy  | (%)    | Gy  |
| 1         | NR     | 104,5 | 7,3 | 63,3    | 5,3 | 45,5   | 3,6 |
| 2         | KW     | 100,4 | 7,0 | 79,6    | 6,0 | 67,9   | 5,3 |
| 3         | IM     | 103,1 | 7,2 | 74,6    | 5,2 | 54,8   | 3,8 |
| 4         | WE     | 103,0 | 7,2 | 75,7    | 5,3 | 58,9   | 3,1 |
| 5         | KE     | 100,8 | 7,1 | 79,3    | 6,0 | 57,0   | 4,6 |
| 6         | KW     | 102,3 | 7,2 | 71,4    | 5,3 | 58,4   | 4,6 |
| 7         | AA     | 103,3 | 7,2 | 71,4    | 5,4 | 62,7   | 4,8 |
| 8         | KA     | 100,6 | 7,0 | 72,0    | 5,4 | 66,1   | 5,0 |
| 9         | IY     | 102,1 | 7,1 | 73,8    | 5,2 | 56,3   | 3,9 |
| 10        | KG     | 100,1 | 7,0 | 78,8    | 5,9 | 68,6   | 4,7 |
| 11        | MS     | 102,3 | 7,2 | 70,6    | 4,9 | 63,3   | 4,4 |
| 12        | AA     | 105,3 | 7,4 | 71,1    | 5,0 | 57,9   | 4,5 |
| 13        | FV     | 105,5 | 7,4 | 54,0    | 4,2 | 55,7   | 4,4 |
| 14        | GA     | 100,9 | 7,1 | 74,7    | 5,5 | 65,8   | 5,2 |
| 15        | MR     | 104,4 | 7,3 | 57,3    | 4,2 | 64,4   | 5,0 |
| 16        | KE     | 101,4 | 7,1 | 73,4    | 5,1 | 59,7   | 4,2 |
| 17        | LE     | 106,1 | 7,4 | 65,2    | 4,6 | 57,8   | 4,0 |
| 18        | KU     | 104,3 | 7,3 | 71,1    | 5,0 | 61,5   | 4,3 |
| 19        | KW     | 106,7 | 7,5 | 75,5    | 5,3 | 61,3   | 4,3 |
| 20        | LD     | 101,1 | 7,1 | 75,3    | 5,3 | 63,7   | 4,5 |
| 21        | KS     | 100,9 | 7,1 | 72,9    | 5,1 | 33,9   | 2,4 |
| 22        | MM     | 106,9 | 7,5 | 46,9    | 3,3 | 45,5   | 3,2 |
| 23        | WK     | 110,2 | 7,7 | 74,1    | 5,2 | 63,8   | 4,5 |
| 24        | NS     | 107,5 | 7,5 | 63,5    | 4,4 | 46,9   | 3,3 |
| 25        | WK     | 104,3 | 7,3 | 69,3    | 4,8 | 58,3   | 4,1 |
| 26        | NM     | 101,3 | 7,1 | 74,5    | 5,2 | 58,6   | 4,1 |
| 27        | PS     | 106,7 | 7,5 | 51,8    | 3,6 | 39,5   | 2,8 |
| 28        | SS     | 104,1 | 7,3 | 66,2    | 4,6 | 57,4   | 4,0 |
| 29        | NA     | 102,4 | 7,2 | 66,9    | 4,7 | 45,1   | 3,2 |
| 30        | MT     | 101,4 | 7,1 | 70,6    | 4,9 | 51,4   | 3,6 |
| Terkecil  |        | 100,6 | 7,0 | 46,9    | 3,3 | 33,9   | 2,4 |
| Terbesar  |        | 110,2 | 7,7 | 79,6    | 6,0 | 68,6   | 5,3 |
| Rata-rata |        | 104,2 | 7,2 | 69,4    | 5,0 | 57,0   | 4,1 |

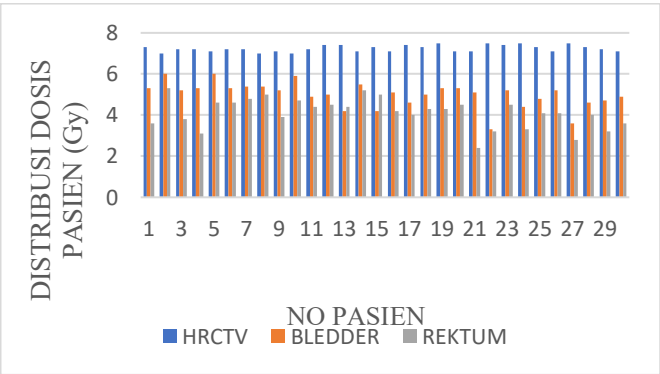
Berdasarkan Tabel 1 dari 30 pasien rata-rata persentase volume HRCTV sebesar 104,2% yang memperoleh dosis 7,2 Gy. Sedangkan untuk bladder masing masing rata-rata persentase volume dosis sebesar 69,4% dan 5 Gy. Sedangkan untuk rektum masing masing rata-rata persentase volume dosis sebesar 57% dan 4,1 Gy. Dari data dosis pasien serviks dengan teknik brakhiterapi intrakaviter dibandingkan rekomendasi ICRU Report. 89. data hasil penelitian dikatakan sesuai apabila nilai HRCTV berada lebih besar dari 90% - 107%, sedangkan untuk OAR bladder dan rektum  $\leq 80\%$  dan  $\leq 75\%$ . Hasil penelitian distribusi

dosis pada HRCTV dan OAR dalam persentase ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik distribusi dosis pada HRCTV dan OAR (%)

Pada Grafik ditunjukkan histogram dari perbandingan antara nilai distribusi dosis (%) yang diperoleh masing-masing pasien pada HRCTV yang ditunjukkan dengan grafik berwarna biru, *bladder* berwarna merah dan *rektum* berwarna hijau. Selanjutnya Gambar 2 menunjukkan distribusi dosis pada HRCTV dan OAR dalam Gy.



Gambar 2. distribusi dosis pada HRCTV dan OAR dalam Gy

Pada Gambar 2 ditunjukkan histogram dari perbandingan antara nilai distribusi dosis (Gy) yang diperoleh masing-masing pasien pada HRCTV yang ditunjukkan dengan grafis berwarna biru, *bladder* berwarna merah dan *rektum* berwarna hijau.

Berdasarkan data Grafik 1 dan 2 ditunjukkan rata-rata dari 30 pasien nilai persentase dosis pada HRCTV sesuai dengan standar ICRU Report. 89 yaitu lebih besar dari 90% - 107%, dan untuk nilai distribusi dosis pada bladder dan rektum pasien ke- 21 dan ke-27 mengalami penurunan yang salah satunya disebabkan oleh letak atau posisi dari *bladder* dan *rektum* yang berdekatan dengan target HRCTV dan untuk nilai

distribusi dosis pada HRCTV pada pasien ke- 21 dan ke-27 mengalami penurunan yang salah satunya disebabkan oleh kurangnya optimal penyinaran karena organ berdekatan dengan OAR. Berdasarkan grafik diatas, nilai distribusi dosis pada kedua OAR tersebut masih berada pada batas nilai toleransi yang diperbolehkan berdasarkan standar ICRU Report. 89 yaitu untuk bladder  $\leq 80\%$  dan rektum  $\leq 75\%$ .

Hasil perhitungan nilai distribusi dosis HRCTV dan OAR yang didapatkan kemudian dilakukan analisis statistik dengan menggunakan uji-t satu arah. Sebelum dilakukan uji tersebut, maka dilakukan uji normalitas agar data yang diperoleh terdistribusi normal dan memenuhi syarat uji-t satu arah. Hasil uji normalitas berupa nilai signifikasi pada HRCTV, *bladder* dan *rektum*, dengan syarat data dinyatakan terdistribusi normal, apabila nilai signifikasi yang diperoleh lebih besar dari 0,05. Hasil uji normalitas di tunjukkan Tabel 2.

Tabel 2. Hasil uji normalitas

|         | Uji Normalitas |              |
|---------|----------------|--------------|
|         | (%)            | Sig.<br>(Gy) |
| HRCTV   | 0,160          | 0,023        |
| Bladder | 0,001          | 0,128        |
| Rektum  | 0,011          | 0,200        |

Hasil uji normalitas HRCTV, OAR *bladder* dan *rektum* tidak terditribusi normal, karena terdapat nilai signifikasinya  $\leq 0,05$  maka tidak dapat dilanjutkan ke uji-t satu arah. Dengan demikian perlu dilakukan uji non parametrik, sehingga dapat dilanjutkan ke uji-t satu arah.

Pada Tabel 3 diperoleh hasil uji-t non parametrik berupa nilai signifikasi pada HRCTV, *bladder*, *rektum*. Syarat data dilakukan uji-t non parametrik apabila data tidak dinyatakan terdistribusi normal. Sehingga seluruh data pada Tabel 3 dinyatakan telah di uji-t non parametrik.

Tabel 3. Hasil uji-t Non Parametrik

| Uji-t Non Parametrik   |       |
|------------------------|-------|
|                        | Sig.  |
| Distribusi Dosis HRCTV | 0,209 |
| Presentase bladder     | 0,504 |
| Presentase rektum      | 0,773 |

Hasil uji non parametrik menunjukkan 3 data yang sebelumnya tidak terdistribusi normal, telah terdistribusi normal dengan signifikasi  $\geq 0,05$  sehingga dapat dilanjutkan ke uji-t satu arah.

Data HRCTV, bladder, rektum yang telah terdistribusi normal kemudian di uji menggunakan uji-t satu arah untuk mengetahui adanya perbedaan antara

hasil yang diperoleh dengan standar dan batas toleransi yang akan ditetapkan. Hasil uji-t satu arah ditunjukkan pada Tabel 4

Tabel 4. Hasil Uji-t Satu Arah

Uji-t Satu Arah

|                          | t        | Sig.  |
|--------------------------|----------|-------|
| Presentase HRCTV         | -9,100   | 0,001 |
| Distribusi dosis bladder | -669,312 | 0,001 |
| Distribusi dosis rektum  | -506,975 | 0,001 |

Hasil uji -t satu arah seperti pada Tabel 4. dimana nilai signifikasinya  $\leq 0,05$  untuk HRCTV, bladder dan rektum. Dengan itu dapat dinyatakan bahwa distribusi dosis pada HRCTV, OAR bladder dan rektum tidak melebihi batas yang ditetapkan oleh standar ICRU Report. 89.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dari 30 pasien rata-rata persentase volume HRCTV sebesar 104,2% yang memperoleh dosis 7,2 Gy. Sedangkan untuk bladder masing masing rata-rata persentase volume dosis sebesar 69,4% dan 5 Gy. Sedangkan untuk rektum masing masing rata-rata persentase volume dosis sebesar 57% dan 4,1 Gy. Dari data dosis pasien serviks teknik intrakaviter dibandingkan ketentuan nilai rekomendasi berdasarkan ICRU Report No. 89, hasil penelitian berada pada rentang toleransi yang diijinkan, dimana nilai HRCTV berada pada rentang nilai 95%-107%, sedangkan untuk bladder dan rektum dikatakan sesuai berturut-turut  $\leq 80\%$  dan  $\leq 75\%$ . Sehingga ke 30 pasien di RSUP Prof. Dr. I.G.N.G. Ngoerah memiliki nilai distribusi dosis lebih kecil dari standar ICRU Report No. 89.

Daftar Pustaka

Abdel, M. W., Gondhowiardjo, S. S., Arthur, ;, Rosa, A., Lievens, Y., Noura El-Haj, ;, Jose, ;, Rubio, A. P., Gregorius, ;, Prajogi, B., Helgadottir, H., Zubizarreta, ; Eduardo, Meghzifene, A., Ashraf, V., Hahn, S., Williams, T., & Gospodarowicz, M. (2021). Global Radiotherapy: Current Status and Future Directions-White Paper. Dalam JCO Global Oncol (Vol. 7). <https://ascopubs.org/go/authors/open-access>

Abdullah, R., Abdullah, N. H., Mohamed, M., Idris, N. R. N., Yusoff, A. L., Chen, S. C., & Zakaria, A. (2017). High dose rate 192Ir source calibration: A single institution experience. Journal of Physics: Conference Series, 851(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/851/1/012019>

Apriantoro, N. H., Kartika, Y., Kurniawan, R., Kunci, K., & Payudara, K. (2023). Teknik Radioterapi Kanker Payudara Post Mastektomi dengan Teknik Intensity Modulated Radiation Therapy. Indonesian Journal for Health Sciences, 7(1), 22– 28.

Aziz, M., Hidayanto, E., Diah Dwiana Lestari, dan, Fisika, J., Sains dan Matematika, F., Diponegoro, U., & Sains dan Teknologi Nuklir Terapan - BATAN, P. (2015). Penentuan Aktivitas Co-60 dan Cs-137 pada Sampel Unknown dengan Menggunakan Detektor HPGe. Dalam Youngster Physics Journal (Vol. 4, Nomor 2). <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/bfd/article/view/8411/8175>

Beyzadeoglu, M., Ozyigit, G., & Ebruli, C. (2010). Basic Radiation Oncology. Dalam Basic Radiation Oncology. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-11666-7>

De Tomasi, J. B., Opata, M. M., & Mowa, C. N. (2019). Immunity in the cervix: Interphase between immune and cervical epithelial cells. Dalam Journal of Immunology Research. Hindawi Limited (Vol. 2019, Hal. 13).<https://doi.org/10.1155/2019/7693183>

Dewi, D. A. (2018). Analisis Teknik Radioterapi pada Kanker Serviks dengan Teknik 2D dan 3D-CRT di Unit Radioterapi Instalasi Radiologi Rumah Sakit Umum Pusat Dr. Kariadi Semarang. Jurusan Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi Politeknik Kesehatan Kemenkes.

Fadhila, S. N. (2022). Analisis Radionuklida Cs- 137, Co-60 dan I-131 Pada Sampel Air Sungai Cisadane di Daerah Tangerang Menggunakan Spektrometer Gamma. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.

Fitriatuzzakiyyah, N., Sinuraya, R. K., & Puspitasari, I. M. (2017). Cancer Therapy with Radiation: The Basic Concept of Radiotherapy and Its Development in Indonesia.Indonesian Journal of Clinical Pharmacy, 6(4), 311–320. <https://doi.org/10.15416/ijcp.2017.6.4.311>

Gianfaldoni, S., Gianfaldoni, R., Wollina, U., Lotti, J., Tchernev, G., & Lotti, T. (2017).An overview on radiotherapy: From its history to its current applications in dermatology. Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences, 5(4 Special Issue Global Dermatology), 521– 525.<https://doi.org/10.3889/oamjms.2017.122>

Gondhowiardjo, S. (2003). Brakhiterapi Dalam Terapi Kanker Anorektal. Makara Kesehatan, 7(2). Gul, O. V., Inan, G., & Basaran, H. (2021). Impact of

- different treatment plans on EQD2 for intracavitary brachytherapy of cervical cancer. *Journal of the Egyptian National Cancer Institute*, 33(1). <https://doi.org/10.1186/s43046-021-00084-2>
- Haie, C. M., Pötter, R., Van Limbergen, E., Briot, E., De Brabandere, M., Dimopoulos, J., Dumas, I., Hellebust, T. P., Kirisits, C., Lang, S., Muschitz, S., Nevinson, J., Nulens, A., Petrow, P., & Wachter-Gerstner, N. (2005). Recommendations from Gynaecological (GYN) GEC-ESTRO Working Group (I): Concepts and terms in 3D image based 3D treatment planning in cervix cancer brachytherapy with emphasis on MRI assessment of GTV and CTV. *Radiotherapy and Oncology*, 74(3), 235–245. <https://doi.org/10.1016/j.radonc.2004.12.015>
- Halperin, E. C., David E. Wazer, Carlos A. Perez, & Luther W. Brady. (2019). *Principles and Practice of Radiation Oncology Seventh Edition* (7 ed.). Wolters Kluwer.
- Haris, A. (2021). *Otomasi Penentuan Nilai Radioaktivitas Radioisotop Am-241, Co-60, Cs-137, dan Na-22 Menggunakan Multi-Output Machine Learning*. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- Haryani, S. (2016). Prevalensi Kanker Serviks Berdasarkan Paritas di RSUP. Dr. M. Djamil Padang Periode Januari 2011-Desember 2012. Dalam *Jurnal Kesehatan Andalas* (Vol. 5, Nomor 3). <http://jurnal.fk.unand.ac.id>
- Hendratno, D. T. (2011). *Pengukuran Laju Dosis Serap Maksimum Pesawat Teleterapi Co-60 di RSUD Dr. Moewardi Surakarta*. Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sebelas Maret.
- IAEA. (2023). *Dosimetry In Brachytherapy-An International Code Of Practice For Secondary Standards Dosimetry Laboratories And Hospitals*.
- Indrazah, R. (2019). *Reiradiasi pada Kasus Kanker Serviks Rekuren Lokal Pasca Radioterapi Di Unit Radioterapi RSUP DR Kariadi Semarang*. Jurusan Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi Politeknik Kesehatan Kemenkes.
- Latifa, L., Ratini, N. N., Sudarsana, I. W. B., Suryatika, I. B. M., Ratnawati, I. G. A., Gunawan, A. A. N., & Irhas, R. (2023). Analysis of Radiation Dose Distribution
- Nagappan, B., Kumar, Y., Patel, N., Dhull, A., & Kaushal, V. (2015). Brachytherapy source calibration, reviews, and consistency of 192 Ir high-dose rate afterloading sources supplied over the period of 10 years: A retrospective analysis. *Radiation Protection and Environment*, 38(4), 144. <https://doi.org/10.4103/0972-0464.176158>
- Rivard, M. J., Coursey, B. M., DeWerd, L. A., Hanson, W. F., Huq, M. S., Ibbott, G. S., Mitch, M. G., Nath, R., & Williamson, J. F. (2004). Update of AAPM Task Group No. 43 Report: A revised AAPM protocol for brachytherapy dose calculations. Dalam *Medical Physics* (Vol. 31, Nomor 3, hlm. 633–674). John Wiley and Sons Ltd. <https://doi.org/10.1118/1.1646040>
- Saptiama, J., Indra Subechi, Moch Pujiyanto, Anung Lubis, & Hotman Setiawan. (2014). Permanent Seed Implant Dosimetry (PSID) TM Versi 4.5 Sebagai Program Isodosis Dan Treatment Planning System (TPS) Untuk Brakiterapi Abstrak Permanent Seed Implant Dosimetry (PSID) TM Versi 4.5 Sebagai Program. *Journal of Radioisotopes and Radiopharmaceuticals*, 17(1).
- Susilo, N. Y., Indrati, R., Sulaksono, N., Radiodiagnostik, J. T., Radioterapi, D., & Semarang, P. (2019). Tata Laksana Brakhiterapi Co-60 Teknik Intrakaviter Lengkap pada Kasus Kanker Serviks. *Jurnal Radiografer Indonesia*, 2(2), 87–93.
- Tedgren, A. C., Bengtsson, E., Hedtjärn, H., Johansson, A., Karlsson, L., Lamm, I. L., Lundell, M., Mejaddem, Y., Rosenschöld, P. M. af, Nilsson, J., Wieslander, E., & Wolke, J. (2008). Experience from long-term monitoring of RAKR ratios in 192Ir brachytherapy. *Radiotherapy and Oncology*, 89(2), 217–221.
- Winarno, Audia Nurmansya, V., & Miskiyah, Z. (2021). Radioterapi Kanker Cervix dengan Linear Accelerator (LINAC). *Jurnal Biosains Pascasarjana*, 23(02). <https://doi.org/10.20473/jbp.v5i2.2021.24-35>
- Wulandari, R. (2012). *Peran Radioterapi Eksterna Adjuvan Terhadap Penderita Kanker Payudara Stadium Lokal-Lanjut*. Program Pendidikan Sarjana Kedokteran Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro.
- Wulandari, Y., Hartoyo, P., & Anita, F. (2014). Analisis Jumlah Kadar Hemoglobin Dan Sel Darah Putih (Leukosit) Pada Mencit (Mus Musculus) Sebelum Dan Sesudah Radiasi Gamma Co-60 Dengan Berbagai Variasi Dosis. *Jurnal Ilmiah GIGA*, 17(1), 9–18.
- Yue, N. J. (2006). Principles and practice of brachytherapy dosimetry.

*RadiationMeasurements*, 41(SUPPL. 1).  
<https://doi.org/10.1016/j.radmeas.2007.01.001>

Gunawan . 2023. StatiStika Parametrik, NoN  
Parametrik daN multivariat  
[https://www.researchgate.net/publication/369441006\\_StatiStika\\_Parametrik\\_NoN\\_Parametrik\\_daN\\_multivariat](https://www.researchgate.net/publication/369441006_StatiStika_Parametrik_NoN_Parametrik_daN_multivariat)