Jurnal Fisika Unand (JFU)
Vol. 14, No. 6, November 2025, hal. 526 – 531
ISSN: 2302-8491 (Print); 2686-2433 (Online)
https://doi.org/10.25077/jfu.14.6.526-531.2025

Open Access

Analisis Nilai Dosis Radiasi yang diterima Rektum dan Kandung Kemih Pasien Kanker Serviks menggunakan Metode 2D dan 3D-CT pada Brakiterapi

Nurul Fathanah[1], Dian Milvita[1*], Fiqi Diona[2]
[1]Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas, Limau Manis, Padang-25163, Indonesia
[2]Rumah Sakit Universitas Andalas, Padang, Indonesia

Info Artikel

Histori Artikel:
Diajukan: 3 Juni 2025
Direvisi: 15 Juli 2025
Diterima: 2 November 2025

Kata kunci:
Brakiterapi
Kandung Kemih
Metode 2D
Metode 3D-CT
Rektum

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian mengenai analisis dosis radiasi yang diterima oleh rektum dan kandung kemih pasien kanker serviks menggunakan metode 2D dan 3D-CT pada brakiterapi di Instalasi Onkologi Radiasi Rumah Sakit Universitas Andalas. Penelitian ini bertujuan untuk mentukan dosis yang diterima rektum dan kandung kemih tidak melebihi batas toleransi yang telah ditetapkan *American Brachytherapy Society* (ABS). Penelitian menggunakan data pasien kanker serviks stadium IIA-IVA, sebanyak 10 data pasien menggunakan metode *2 Dimensional* (2D) dan 10 data pasien menggunakan metode *3 Dimensional Computed Tomography* (3D-CT). Analisis dilakukan dengan membandingkan metode 2D dan 3D-CT brakiterapi. Hasil Penelitian menunjukkan nilai dosis radiasi rata-rata yang diterima rektum pasien menggunakan metode 3D-CT sebesar 491,31 cGy dan metode 2D sebesar 466,13 cGy, sedangkan pada kandung kemih rata-rata dosis radiasi yang diterima pasien menggunakan metode 3D-CT sebesar 448,39 cGy dan metode 2D sebesar 480,30 cGy. Hasil penelitian menunjukkan rata-rata dosis radiasi menggunakan metode 3D-CT lebih besar dari metode 2D, namun dosis yang diterima rektum dan kandung kemih tidak melebihi batas toleransi yang ditetapkan ABS.

Keywords:
Bracytherapy
Blader
2D Methode
3D-CT Methode
Rectum

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

Research has been conducted on the analysis of radiation doses received by the rectum and bladder of cervical cancer patients using 2D and 3D-CT methods in brachytherapy at the Radiation Oncology Installation of the Andalas University Hospital. This study aims to determine the dose received by the rectum and bladder does not exceed the dose limit set by ABS. The study used data from stage IIA-IVA cervical cancer patients, as many as 10 patient data using the 2 Dimensional (2D) method and 10 patient data using the Three Dimensional Computed Tomography (3D-CT) method. Analysis was performed by comparing 2D and 3D-CT brachytherapy methods. The results showed that the average radiation dose value received by the rectum of patients using the 3D-CT method was 491.31 cGy and the 2D method was 466.13 cGy, while in the bladder the average radiation dose received by patients using the 3D-CT method was 448.39 and the 2D method was 480.30. The results showed that the average radiation dose using the 3D-CT method was greater than the 2D method, but the dose received by the rectum and bladder did not exceed the tolerance limit set by the American Brachytherapy society (ABS).

Copyright © 2025 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Kanker serviks merupakan sel kanker yang tumbuh dari sel-sel serviks, dapat tumbuh di rahim leher rahim, mulut atau keduanya (Nurwijaya et al., 2010). Pengobatan untuk kanker serviks harus segera dilakukan, beberapa pengobatan yang dapat dilakukan untuk pengobatan kanker serviks diantaranya pembedahan, kemoterapi, terapi target, imunoterapi dan radioterapi. Radioterapi adalah salah satu pengobatan penyakit kanker menggunakan radiasi pengion. Pengobatan menggunakan radioterapi dikembangkan berdasarkan dosis minimum yang diterima organ sehat, namun dapat memberikan efek maksimum pada kanker. Pemberian radiasi ke pasien kanker dengan menggunakan radioterapi dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu teleterapi dan brakiterapi.

Brakiterapi merupakan terapi radiasi dengan menggunakan sumber tertutup yang ditempatkan sedekat mungkin dengan lokasi yang akan diobati (Hoskin dan Coyle, 2011). Penyinaran dengan menggunakan brakiterapi dibagi menjadi jenis implan, durasi implan, metode muat sumber dan laju dosis. Laju dosis pada brakiterapi dibagi menjadi *Low Dose Rate* (LDR), *Medium Dose Rate* (MDR), dan *High Dose Rate* (HDR) (Podgorsak, 2005). Brakiterapi menggunakan HDR merupakan metode penyinaran yang paling umum digunakan untuk mengobati kanker serviks, juga dapat digunakan untuk mengetahui dosis yang diterima oleh *Organ at Risk* (OAR) (Susworo and Kodrat, 2017)

Penyinaran secara brakiterapi berisiko untuk mengenai organ sehat yang berada di sekitar kanker, organ yang berisiko tersebut disebut juga dengan OAR. Berdasarkan *International Commission on Radiological Protection* (ICRP) *Publication* No 103, rektum dan kandung kemih merupakan OAR di sekitar serviks yang memiliki sensitivitas tinggi, sehingga diperlukan penelitian untuk mengetahui berapa besar radiasi yang diterima oleh OAR. Persiapan sebelum melakukan penyinaran radiasi menggunakan brakiterapi perlu dilakukan yaitu dengan membuat *Treatment Planning System* (TPS). Dosis yang diterima oleh OAR dalam pengobatan menggunakan brakiterapi dapat ditentukan menggunakan metode *2 Dimensional* (2D) dan *3 Dimensional Computed Tomography* (3D-CT). Metode 2D menggunakan titik dosis yang telah ditetapkan oleh *International Comission on Radiation Units and Measurements* (ICRU) *Report* 38 sedangkan 3D-CT berdasarkan nilai *Dose Volume Histogram* (DVH).

Beberapa peneliti telah melakukan penelitian tentang metode 2D dan 3D-CT brakiterapi. Wu et al. (2021) melakukan perbandingan pengaruh dosimetri terhadap pemindahan aplikator pada metode 2D dan 3D pada pasien kanker serviks. Hasil dari penelitian menunjukkan tumor dan OAR sangat sensitif terhadap perpindahan aplikator. Abdullah et al. (2022) telah melakukan evaluasi dosis OAR berdasarkan metode 2D dengan menggunakan citra digital pada brakiterapi HDR *intracavitary*. Data yang digunakan 21 data perencanaan pasien pengobatan metode 2D, dengan hasil penelitian menunjukkan terapi menggunakan metode 2D masih dapat dilakukan. Derks et al. (2018) telah melakukan penelitian dengan membandingkkan dampak dari metode 2D dan 3D terhadap pasien kanker serviks. Hasil penelitian menunjukkan pasien dengan metode 3D memiliki angka kelangsungan hidup lebih tinggi dibandingkan metode 2D. Mehta et al. (2022) melakukan perhitungan menggunakan metode 2D berdasarkan titik acuan yang ditetapkan ICRU, perhitungan dosis 3D berdasarkan daerah 0,1 cc 1 cc dan 2 cc pada kurva DVH. Hasil penelitian menunjukkan brakiterapi dengan metode 3D lebih akurat dan optimal melindungi OAR. Wibowo et al. (2017) melakukan perbandingan metode 2D dan 3D pada brakiterapi. Daerah volume yang digunakan pada metode 3D yaitu pada daera 2 cc. Hasil dari penelitian menunjukkan radiasi yang diterima oleh OAR berdasarkan metode 3D lebih besar daripada metode 2D, namum perhitungan menggunakan metode 3D memberikan nilai dosis yang lebih akurat karena perhitungannya dilakukan pada seluruh volume organ.

Penelitian dilakukan di Instalasi Onkologi Radiasi Rumah Sakit Universitas Andalas menggunakan pesawat brakiterapi yaitu brakiterapi *High Dose Rate* (HDR) dengan sumber Ir-192. Sejak 2018 hingga 2024 sudah ada 113 pasien kanker serviks yang menggunakan brakiterapi sebagai *booster* di Instalasi Okologi Radiasi Rumah Sakit Universitar Andalas. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian mengenai perbandingan metode 2D dan 3D-CT brakiterapi karena semakin banyak pasien yang menerima pengobatan menggunakan brakiterapi.

II. METODE

2.1 Pengumpulan Data Pasien

Data yang digunakan merupakan 20 data sekunder dari perencanaan terapi menggunakan brakiterapi. Data yang dikumpulkan berupa inisial pasien, stadium kanker, dosis radiasi yang diberikan kepada pasien dan dosis radiasi yang diterima oleh rektum dan kandung kemih. Penentuan stadium kanker serviks dapat menggunakan 2 sistem yaitu sistem TNM kanker dan Federasi Internasional Ginekologi dan Obstetri (FIGO). Penggunaan variabel TNM merupakan klasfikasi penentuan stadium kanker berdasarkan *American Joint Committee on Cancer* (AJCC), dimana T merujuk pada ukuran tumor, N merupakan penyebaran tumor ke kelenjar getah bening dan M merupakan penyebaran tumor ketempat yang jauh. Citra pasien kanker serviks metode 2D didapat menggunakan pesawat *C-Arm* sedangkan citra metode 3D didapatkan dari CT-simulator. Brakiterapi yang digunaka di Rumah Sakit Universitas Andalas yaitu Brakiterapi HDR dengan sumber iridium-192 yang telah di verifikasi oleh Fardella et al. (2023).

2.2 *Treatment Planning System* (TPS)

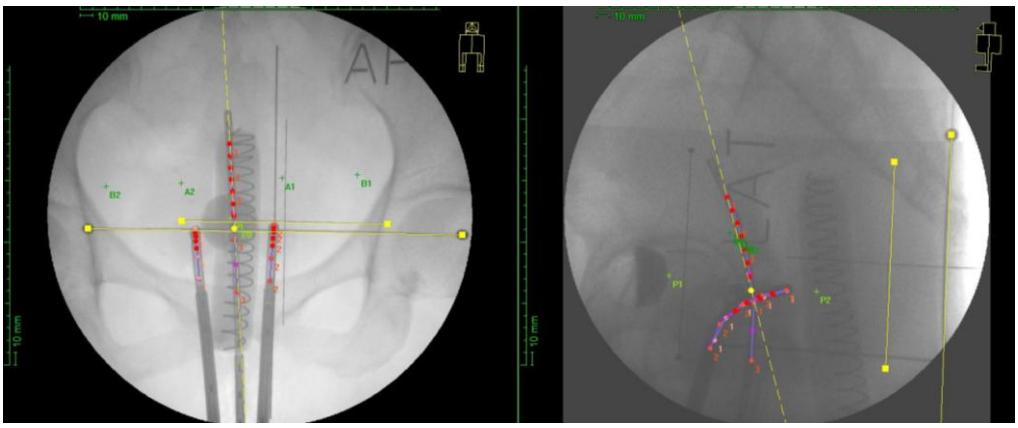
TPS menggunakan *software Oncentra* pada metode 2D dan 3D-CT. Metode 2D menggunakan titik sebagai acuan untuk menentukan nilai dosis radiasi yang diterima target dan OAR yang telah ditetapkan ICRU *report* 38. Metode 3D-CT menggunakan nilai dari kurva DVH sebagai perhitungan besar dosis radiasi yang diterima oleh target dan OAR. DVH menunjukkan nilai dosis radiasi berupa volume, dimana perhitungan nilai dosis radiasi berdasarkan radiasi yang tersebar di organ. Berdasarkan ketetapan *American Brachytherapy society* (ABS) dosis radiasi yang diterima oleh rektum dan kandung kemih tidak melebihi 80% dari dosis radiasi yang diberikan kepada pasien.

2.3 Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan melakukan perbandingan metode 2D dan 3D-CT brakiterapi. Evaluasi data menggunakan metode 2D dilakukan pada titik ICRU sedangkan pada metode 3D-CT didapat pada nilai dosis yang diterima volume 2 cc rektum dan kandung kemih.

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Pengaruh Penggunaan TPS



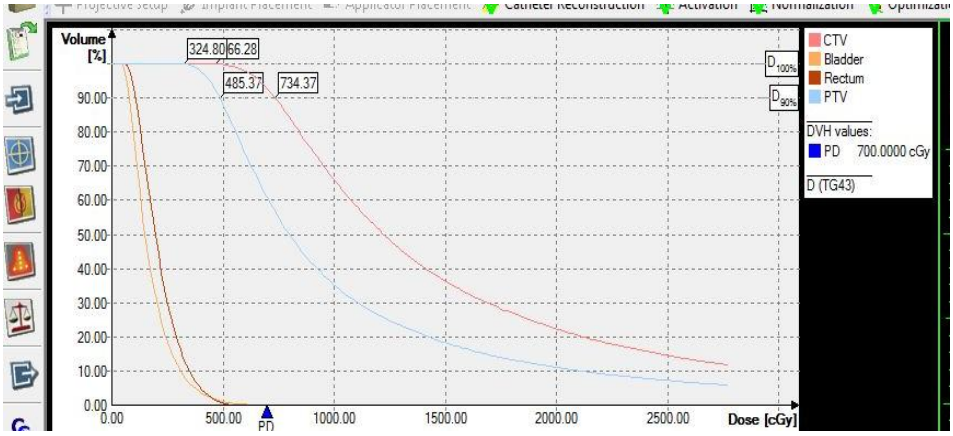
Gambar 1 Citra 2D salah satu pasien dengan inisial NR

Perencanaan dilakukan oleh fisikawan medis kepada 20 data pasien kanker serviks menggunakan *software* TPS *Oncentra* dimana metode yang digunakan 2D dan 3D-CT. Pemberian dosis radiasi kepada pasien diberikan secara fraksinasi, dosis radiasi total dibagi menjadi beberapa sesi penyinaran (3-5 fraksi). Dosis radiasi yang diberikan kepada pasien berbeda-beda hal ini dikarenakan fraksinasi dosis yang diberikan kepada pasien juga berbeda-beda, sehingga dosis total yang diterima tiap pasien berbeda.

Hasil TPS menggunakan metode 2D tidak dapat menunjukkan ukuran dan posisi kanker dengan tepat, hal ini karena pada perencanaan 2D menghasilkan citra 2D yang hanya menunjukkan anatomi tulang dan aplikator, dapat dilihat pada Gambar 1. Pada gambar titik A diberi nama dengan A1 dan A2,

sedang kan titik B diberi nama dengan B1 dan B2, untuk titik rektum diberi nama dengan P2 sedangkan titik kandung kemih diberi nama P1.

Hasil TPS menggunakan metode 3D dapat dilihat pada Gambar 2, berupa kurva DVH salah satu pasien dengan inisial FT. Dosis radiasi yang diterima oleh PTV, CTV dan OAR pasien kanker serviks dapat dilihat pada kurva DVH. Perhitungan nilai dosis yang diterima oleh OAR pasien berdasarkan volume organ pada daerah 2 cc. Kurva DVH pada Gambar 2 menampilkan PTV dengan garis berwarna biru, CTV berwarna merah muda dan garis yang berwarna merah dan jingga merupakan OAR pada kanker serviks yaitu rektum dan kandung kemih.



Gambar 2 Hasil TPS salah satu pasien dengan inisial FT menggunakan metode 3D-CT

3.2 Analisis Dosis Radiasi yang diterima OAR

Tabel 1 Dosis radiasi yang diterima rektum dan kandung kemih metode 2D (D_{ICRU})

Inisial Pasien	Stadium Kanker	Dosis yang Diberikan (cGy)	Dosis Toleransi Rektum dan Kandung Kemih (cGy)	Dosis Rata-rata yang Diterima Rektum (cGy)	Dosis Rata-rata yang Diterima Kandung kemih (cGy)
MK	IIIB	600	480	512,60	384,076
S	IIIB	600	480	586,62	434,74
NE	IIIB	700	560	410,76	545,35
MS	IIIB	600	480	577,98	411,99
NR	IIIB	600	480	415,89	413,77
Z	IIIB	600	480	479,04	397,87
SR	IIIB	700	560	482,01	579,17
RF	IIB	600	480	419,39	376,40
NI	IIB	600	480	407,87	509,71
Y	IVA	600	480	510,92	608,25

Terapi menggunakan metode 2D dan 3D-CT dilakukan secara intrakaviter. Parameter yang digunakan dalam menentukan nilai dosis yang diterima oleh rektum dan kandung kemih pada metode 2D disebut D_{ICRU}. Dosis radiasi menggunakan metode 3D-CT didapat dari perhitungan volume organ menggunakan kurva DVH. Parameter yang digunakan dalam penentuan dosis radiasi yang diterima oleh rektum dan kandung kemih yaitu daerah 2 cc dari volume kandung kemih dan rektum (D_{2cc}).

Dosis radiasi yang diterima oleh rektum dan kandung kemih berdasarkan titik acuan menurut ICRU Report 38 dapat dilihat pada Tabel 3. Besar dosis toleransi yang dapat diterima oleh rektum dan kandung kemih pasien < 80% dari dosis yang diberikan pada pasien berdasarkan ketetapan ABS. Pada tabel, dosis radiasi yang diterima oleh rektum pasien MK, S, MS dan Y melebihi batas yang telah ditetapkan oleh ABS. Berdasarkan hasil diskusi bersama fisikawan medis, hal ini dapat terjadi karena posisi aplikator terletak dekat dengan rektum.

Terapi menggunakan metode 3D-CT didapat hasil berupa kurva DVH, pengambilan dan cara membaca data volume OAR yang menerima dosis radiasi pada kurva DVH dilakukan dengan cara yang sama untuk setiap pasien kanker serviks. Data yang dapat dilihat pada kurva DVH yaitu dosis radiasi yang diterima PTV, CTV dan OAR. Dosis radiasi yang diterima kandung kemih dan rektum pasien kanker serviks dengan menggunakan metode 3D-CT dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Dosis yang diterima oleh rektum dan kandung kemih metode 3D-CT (D_{2cc})

Inisial Pasien	Stadium Kanker	Dosis yang Diberikan (cGy)	Dosis Toleransi Rektum dan Kandung Kemih (cGy)	Dosis Rata-rata yang Diterima Rektum (cGy)	Dosis Rata-rata yang Diterima Kandung kemih (cGy)
FT	IVA	700	560	468,86	412,71
NA	IIIA	700	560	343,23	510,60
K	IIIA	600	480	355,04	320,77
RW	IIIB	600	480	374,03	482,65
RS	IIIB	600	480	543,88	598,71
SA	IVA	600	480	313,30	367,75
M	IIIC	700	560	526,86	401,96
AR	IVA	800	640	657,47	699,58
DJ	IIA	700	560	293,30	532,91
SY	IIB	700	560	607,93	585,46

Pada Tabel 4 dapat dilihat bahwa dosis yang diterima oleh rektum dan kandung kemih tiap pasien berbeda-beda. Pasien dengan inisial RW menerima dosis radiasi yang besar pada organ kandung kemih sedangkan pasien dengan inisial RS, AR dan SY menerima dosis radiasi yang besar pada rektum dan kandung kemih, hal ini dapat terjadi karena jarak PTV dengan kandung kemih dan rektum tiap pasien berbeda-beda.

3.3 Perbandingan Dosis Radiasi yang Diterima OAR Menggunakan Metode 2D dan 3D-CT

Tabel 5 Nilai rata-rata D_{ICRU} dan D_{2cc} yang diterima rektum dan kandung kemih

Penelitian	Organ			
	Kandung kemih		Rektum	
	D_{ICRU} (cGy)	D_{2cc} (cGy)	D_{ICRU} (cGy)	D_{2cc} (cGy)
Hasil penelitian ini (2025)	480,30	448,39	466,13	491,31

Pada Tabel 5 dapat dilihat rata-rata dosis yang diterima oleh kandung kemih dan rektum lebih besar pada 3D-CT, hal ini dikarenakan perhitungan menggunakan metode 3D-CT berdasarkan volume organ, sedangkan pada metode 2D perhitungan nilai dosis radiasi yang diterima oleh OAR berdasarkan titik sebagai acuannya, sehingga tidak mewakili dosis sebenarnya yang diterima oleh OAR. Hasil penelitian menunjukkan organ kandung kemih menerima dosis yang besar pada terapi menggunakan metode 2D, hal ini dapat terjadi karena variasi jarak antar aplikator dengan rektum dan adanya massa pada rektum juga mempengaruhi besar radiasi yang diterima oleh rektum.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan mengenai analisis dosis radiasi yang diterima oleh rektum dan kandung kemih 20 pasien kanker serviks dengan menggunakan metode 2D dan 3D-CT, disimpulkan bahwa kedua metode memiliki rata-rata dosis radiasi yang diterima oleh rektum dan kandung kemih pasien tidak melebihi dosis toleransi yang ditetapkan oleh ABS. Dosis radiasi yang

diterima oleh pasien yang melakukan terapi menggunakan metode 3D-CT lebih besar dari pada menggunakan metode 2D.

DAFTAR PUSTAKA

Abdullah, R., Sani, N.A.A., Chiang, C.S., Mohamed, M., Idris, N.R.N., Yusoff, A.L., dan VMK, B., 2015, Evaluation of Organ at Risk (OAR) Doses based on 2D Treatment Planning in Intracavitary Brachytherapy of Cervical Cancer, Saint Malaysia, Vol 44, No 8, hal 1145-1151.

American Joint Committee on Cancer, 2010, AJCC Cancer Staging Manual: Seventh Edition, Edisi Ketujuh, Springer, New York.

BAPETEN Homepage, 2013, Perka BAPETEN No.3 Tahun 2013 tentang Keselamatan Radiasi dalam Penggunaan Radioterapi, https://jdih.bapeten.go.id/id/dokumen/peraturan/peraturankepala-badan pengawas-tenaga-nuklir-nomor-3-tahun-2013-tentangkeselamatan radiasi dalam-penggunaan-radioterapi, diakses Februari 2025.

Derks, K., LG, J., Steenhuijsen., Berg, H, A, V, D., Houterman, S., Cnassen, J., Haaren, P,V., Jaeger, K, D., 2018, Impact of Brachytherapy of Cervical Cancer (2D Versus 3D) on Outcome Following Radiotherapy of Cervical Cancer, Journal of Contenporary Brachyterapy, vol. 10, No. 1, hal 17-25, DOI : https://doi.org/10.5114/jcb.2018.73955

Fardela, R., Analia, R., Maulida, A., Rena, S.R., Diyona, F., dan Mardiansyah, D,. 2023, Verivikasi Sumber Brakiterapi HDR Ir-192 Menggunakan Detektor Ionisasi Well Type Chamber di Rumah Sakit Universitas Andalas, Jurnal Fisika Flux, Vol. 20, No. 2, hal 175-184, DOI: https://doi.org/10.20527/16727

Hoskin, P., dan Coyle, C., 2011, Radiotherapy in Practice – Brachytherapy, OUP Oxford, United States.

ICRP Publication 103, 2007, The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, https://www.icrp.org/docs/ICRP_Publication_103Annals_of_the_ICRP_37(2-4)-Free_extract.pdf, diakses Februari 2025.

ICRU Report 38, 1985, Dose and Volume Specification for Reporting Intracavitary Therapy in Gynecology, https://www.icru.org/report/dose-and-volume-specification-for-reporting-intracavitary-therapy-in-gynecology-report-38/, diakses Februari 2025.

Mehta, V., Gupta, P., Gothwal, R.S., Dana, R., Gupta, N., dan Gupta, S., 2022, Comparatif Study of Dose Volume Parameters in 2-Dimensional Radiography and 3-Dimensional Computed Tomography Base High Dose Rate Intracavitary Brachytherapy in Cervical Cancer: A Prospective Study, Asian Pac Cancer Care, Vol 7 No 3, hal 509-514, DOI: 10.31557/APJCC.2022.7.3.509

NIH, 2023, Cervical Cancer Treatment, https://www.cancer.gov/types/cervical/treatment, diakses Februari 2025.

Nurwijaya, H., Andijono., dan Suheimi, H.K., 2010, Cegah dan Deteksi Kanker Serviks, Gramedia., Jakarta.

Podgorsak, E.B., 2005, External Photon Beams : Physical Aspects in Radiation Oncology Physics: A Hand Book for Taechers and Student, IAEA, Vienna.

Susworo, R., dan Kodrat, H., 2017, Dasar Dasar Radioterapi Tata Laksana Radioterapi Penyakit Kanker, Edisi II, UI Press, Jakarta.

Wibowo, R.A., Haris, B., dan Islamiyah, I., 2017, Dose evaluation of organs at risk (OAR) cervical cancer using dose volume histogram (DVH), Journal of Physics, : Conf. Series 853, IOP Science hal 1-6, DOI: 10.1088/1742-6596/853/1/012013

Wu, A., Tang, D., Wu, A, Liu, Y., Qian, L., Zhu, L., 2021, Comparison of Dosimetric Influence of Aplicator Displacement on 2D and 3D Brachytherapi for Cervical Cancer Treatment, Sage Jurnals, volume 20, hal 1-10, DOI: https://doi.org/10.1177/15330338211041201