

PENGARUH JARAK KANDUNG KEMIH DAN JARAK REKTUM DARI APLIKATOR TERHADAP NILAI D_{2cc} PADA PERENCANAAN BRAKITERAPI KANKER SERVIK

Wina Dwi Marianti,¹ Marzuk,² Rahadi Wirawan,³ dan Rinarto Subroto.⁴

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mataram.

Email: winadwi.wr@gmail.com

ABSTRACT

Treatment of cervical cancer using brachytherapy is the most effective treatment because this treatment allows the highest dose of radiation to be administered to the tumor. Brachytherapy treatment has dangerous risks for the organs around the cancer, namely the bladder and rectum organs. For this reason, a study was conducted on the analysis of the effect of variations on the distance between the bladder and rectum on the D_{2cc} value.

The purpose of this study was to determine the D_{2cc} of the bladder and the D_{2cc} of the rectum in cervical cancer brachytherapy planning at each distance of the two organs from the applicator and to prove the decrease in D_{2cc} of the bladder and rectum due to an increase in the distance from the applicator. This research is an experimental study using primary data resulting from histogram parameters from the brachytherapy treatment planning system with ^{60}Co as a source. The measurement method used was the use of an intrauterine tube applicator and a pair of left and right ovoid applicators during data collection.

The results of D_{2cc} measurements on the bladder and rectum organs respectively obtained a D_{2cc} value of the bladder at a distance of 1 cm of 7.1 Gy, 5.3 Gy, 3.3 Gy, 1.7 Gy, 1.1 Gy, 1.0 Gy and 0.9 Gy. The D_{2cc} value for the rectal organ at a distance of 1 cm is 4.1 Gy, 3.2 Gy, 1.8 Gy, 1.6 Gy, 1.1 Gy, 0.8 Gy dan 0.6 Gy. The results show that the farther the bladder and rectum organs are from the applicator or radiation source, the smaller the D_{2cc} that will be obtained.

Key words: Radiation, Brachytherapy, D_{2cc} , Cervical Cancer

ABSTRAK

Pengobatan kanker servik menggunakan brakiterapi merupakan pengobatan paling efektif dikarenakan pada pengobatan ini memungkinkan pemberian dosis tertinggi radiasi pada tumor. Pada pengobatan brakiterapi memiliki resiko yang berbahaya untuk organ disekitar kanker yaitu organ kandung kemih dan organ rektum, untuk itu dilakukan penelitian tentang analisis pangaruh variasi jarak kandung kemih dan jarak rektum terhadap nilai D_{2cc} .

Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui D_{2cc} kandung kemih dan D_{2cc} rektum pada perencanaan brakiterapi kanker servik di setiap jarak kedua organ dari aplikator serta untuk membuktikan terjadinya penurunan D_{2cc} kandung kemih dan D_{2cc} rektum akibat adanya pertambahan jarak dari aplikator. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental dengan menggunakan data primer hasil histogram parameter dari sistem Perencanaan pengobatan brakiterapi dengan sumber ^{60}Co . Metode pengukuran yang digunakan yaitu penggunaan aplikator tabung *intrauterine* dan sepasang aplikator ovid kiri dan aplikator ovid kanan pada saat pengambilan data.

Hasil pengukuran D_{2cc} pada organ kandung kemih dan organ rektum berturut-turut didapatkan nilai D_{2cc} kandung kemih D_{2cc} kandung kemih pada perencanaan brakiterapi kanker servik didapatkan nilai D_{2cc} berturut-turut pada setiap variasi jarak yang telah ditentukan yakni 7,1 Gy, 5,3 Gy, 3,3 Gy, 1,7 Gy, 1,1 Gy, 1,0 Gy dan 0,9 Gy. Nilai D_{2cc} untuk rektum pada perencanaan brakiterapi kanker servik didapatkan nilai D_{2cc} berturut-turut pada setiap variasi jarak yang telah ditentukan yakni 4,1 Gy, 3,2 Gy, 1,8 Gy, 1,6 Gy, 1,1 Gy, 0,8 Gy dan 0,6 Gy. Hasil menunjukkan bahwa semakin jauh jarak organ kandung kemih dan organ rektum dari aplikator atau sumber radiasi maka semakin kecil D_{2cc} yang akan didapatkan.

Kata kunci: Radiasi, Brakiterapi, D_{2cc} , kanker Servik

PENDAHULUAN

Kanker merupakan pertumbuhan sel abnormal yang cenderung menyerang jaringan di sekitar dan menyebar ke organ tubuh yang lainnya (Corwin, 2009). Salah satu jenis kanker yang paling banyak penderitanya adalah kanker servik (Dinuriah, 2016). Kanker servik merupakan tumor ganas yang menyerang *squamosa intraepithelial* servik yang disebabkan oleh infeksi HPV (*Human Papiloma Virus*) American Cancer Society (2014). Kanker servik di wilayah Indonesia, diperkirakan 15.000 kasus baru

kanker servik terjadi setiap tahunnya. Angka kematiannya diperkirakan 7.500 kasus pertahun, dengan angka kejadian ini kanker servik menduduki urutan pertama di Indonesia pada wanita usia 15 sampai 44 tahun (Wijaya, 2010). Pengobatan kanker servik dapat dilakukan dengan bedah, kemotrapi, dan radioterapi.

Radioterapi merupakan suatu bentuk pengobatan lokal pada kanker menggunakan radiasi pangion (Wijokongko, 2016). Radioterapi ini terbagi menjadi pengobatan teleterapi (pengobatan *eksternal*) dan pengobatan brakiterapi (pengobatan *internal*). Selanjutnya untuk pengobatan kanker servik *internal* atau pengobatan brakiterapi dilakukan setelah kanker servik telah disinari radiasi *eksternal* terlebih dahulu, tujuannya sebagai pengobatan primer yakni dengan memberikan dosis 50 cGy, 1,8 Gy – 2 Gy per fraksi kemudian 5 fraksi per minggu, hal ini dilakukan karena pada rahim wanita memiliki ketebalan superior vagina sebesar 2 cm (Khan, 2003).

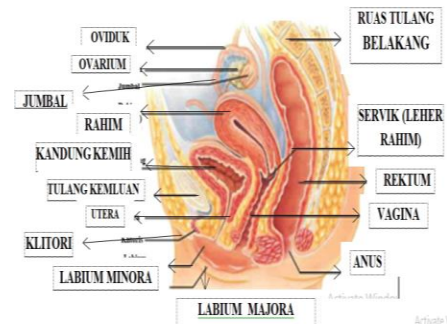
Setelah mendapatkan penyinaran radisai melalui pengobatan *eksternal* maka selanjutnya pengobatan kanker servik dilaksanakan dengan brakiterapi yakni memberikan dosis radiasi sebesar-besarnya pada tumor atau memberikan dosis radiasi sebesar 3 x 7 Gy dengan cara ditanamkan pada tumor tersebut (Amsori, 2009). Pada pengobatan kanker servik menggunakan brakiterapi terdapat *Organ At Riks (OAR)* yakni kandung kemih dan rektum yang akan terpapar radiasi pada saat pengobatan. D_{2cc} pada *OAR* yang tidak sesuai dapat mengakibatkan dampak yang sangat berbahaya bagi tubuh manusia (Islamiyah, 2016).

Berdasarkan beberapa permasalahan yang telah disampaikan sebelumnya maka penulis akan melakukan penelitian terkait analisis pengaruh jarak kandung kemih dan jarak rektum dari aplikator terhadap nilai D_{2cc} pada perencanaan brakiterapi kanker servik. Penelitian ini dilakukan berdasarkan permasalahan yang ditemukan di lapangan yakni sering ditemukannya kasus perencanaan brakiterapi pasien kanker servik yang tidak menghasilkan D_{2cc} yang ideal pada *Organ At Riks (OAR)*. Hal ini terjadi karena pada setiap manusia memiliki letak organ yang tidak sama antara organ manusia yang satu dengan organ manusia yang lainnya. Variabel yang mempengaruhi dosis pada brakiterapi adalah jarak kandung kemih dan jarak rektum dari aplikator (Subroto, dkk., 2013).

DASAR TEORI

Anatomi Uterus

Uterus merupakan organ yang terletak di kavum pelvis di antara organ kandung kemih dan rektum, uterus terdiri dari tiga bagian yaitu fundus, korpus, dan servik. Gambar 3.1 berikut memperlihatkan anatomi uterus (Sloane, 2003).



Gamabar 3.1 Anatomi Uterus Tampak Lateral (Sloane, 2003).

Berdasarkan gambar 3.1 di atas dapat dijelaskan bahwa servik atau leher rahim merupakan bagian ujung rahim yang menyempit dengan ujung *inferior* (bawah) yang mengarah ke vagina pada sistem reproduksi wanita. Panjang servik kira-kira 2,5 cm sampai dengan 3,5 cm dan berbentuk silinder yang disebut kanalis servikalis. Servik juga merupakan organ yang menghubungkan mulut rahim dengan vagina. Mukosa yang melapisi bagian kanalis servikalis disebut endoservik kemudian yang melapisi servik bagian vagina adalah ekstoservik. Batas antara endoservik dan ekstoservik disebut sebagai *squamocolumnar junction* atau taut skuamokolumnar yang merupakan tempat tersering tumbuh kanker servik. Mukosa yang melapisi servik memiliki ketebalan sekitar 2 mm sampai dengan 3 mm. Lapisan mukosa servik tersusun oleh kelenjar yang menghasilkan mukus atau lender (Afiyanti, 2016).

Radiasi

Radiasi adalah suatu emisi (pancaran) atau perambatan energi melalui suatu materi atau ruang dalam bentuk gelombang elektromagnetik (Serway dan Jewet, 2010). Sementara itu, Badan Tenaga Nuklir Nasional (2014) menyatakan radiasi merupakan suatu fenomena pancaran energi dari sumber ke lingkungan yang mana pancaran tersebut dapat berupa partikel (radiasi partikel) dan berupa

Wina Dwi Marianti, dkk. (2022)

gelombang atau cahaya (radiasi elektromagnetik). Berdasarkan tingkat energi yang dimilikinya radiasi juga dibagi menjadi dua yaitu radiasi pengion dan radiasi *non-pengion*. Radiasi pengion yaitu radiasi yang dapat menyebabkan proses ionisasi apabila berinteraksi dengan materi. Ada beberapa jenis radiasi pengion yakni partikel alfa, partikel beta, sinar gamma, sinar-X dan neutron. Radiasi pengion dapat menyebabkan mutasi pada gen sehingga dapat mengganggu keturunan. Cabang kedokteran yang menggunakan radiasi pengion dalam tindakan medis adalah radiologi, radioterapi, dan kedokteran nuklir. Sedangkan radiasi *non-pengion* yaitu jenis radiasi yang tidak akan menyebabkan efek ionisasi apabila berinteraksi dengan materi. Beberapa jenis radiasi *non-pengion* yakni gelombang radio, gelombang mikro, sinar inframerah, cahaya tampak, dan sinar ultraviolet. Radiasi *non-pengion* tidak mampu untuk memindahkan elektron atau mengionisasi atom/molekul sehingga radiasi tidak terlalu berbahaya seperti radiasi pengion (Effina, 2021).

Dosimetri Radiasi

Pengukuran dosis radiasi merupakan pengukuran ionisasi yang disebabkan oleh radiasi, baik itu radiasi berupa gelombang elektromagnetik maupun arus partikel bermuatan yang dipancarkan oleh sumber radiasi. Nilai dosimetri radiasi dipengaruhi oleh beberapa faktor di antaranya adalah kuantitas radiasi, jenis dan energi radiasi, serta jenis materi yang dilaluinya. Perhitungan dosimetri radiasi memuat perhitungan dosis serap, dosis ekuivalen, serta dosis efektif (Akhadi, 2000).

Asas dan Prinsip Proteksi Radiasi

Proteksi radiasi adalah suatu cabang ilmu pengetahuan atau teknik yang mempelajari masalah kesehatan manusia ataupun lingkungan yang berkaitan dengan pemberian perlindungan seseorang atau sekelompok orang yang merugikan kesehatan akibat paparan radiasi. Pada proteksi radiasi terdapat tiga asas yang menjadi dasar dalam penggunaan radiasi pengion yaitu, asas justifikasi (asas pembenaran), asas optimasi (*As Low As Reasonably Achievable*), dan asas

PENGARUH JARAK KANDUNG KEMIH DAN JARAK REKTUM....

limitasi atau asas dosis radiasi yang diterima sesuai nilai batas yang telah ditetapkan instansi yang berwenang (Subroto dkk, 2013).

Prinsip proteksi radiasi merupakan sebuah cara yang digunakan untuk mencegah bahaya yang ditimbulkan akibat penggunaan radiasi pengion. Prinsip proteksi radiasi terbagi menjadi tiga yaitu prinsip waktu, prinsip jarak, dan prinsip perisai. Prinsip waktu didasarkan oleh dosis yang diterima pekerja radiasi akan sebanding dengan lamanya pekerja radiasi berada di medan radiasi. Kemudian untuk prinsip jarak berkaitan erat dengan fluks (\emptyset) radiasi. Fluks radiasi pada suatu Aplikator akan berkurang berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara titik tersebut dengan sumber radiasi. Prinsip jarak pada suatu titik dapat dirumuskan sebagai berikut (Akhadi, 2000).

$$\frac{D_1}{D_2} = \frac{R_2^2}{R_1^2} \quad (3.4)$$

dengan D_1 adalah dosis 1 pada D_1 , D_2 adalah dosis 2 pada D_2 , R_1 adalah jarak 1 dari sumber radiasi, dan R_2 adalah jarak 2 dari sumber radiasi. Prinsip proteksi radiasi yang terakhir adalah prinsip perisai yaitu prinsip yang digunakan untuk melemahkan pancaran radiasi (Akhadi, 2000).

Efek Radiasi Pengion pada Tubuh

Tubuh berisiko terhadap efek radiasi akibat paparan radiasi baik secara keseluruhan tubuh maupun sebagian dari tubuh, Keduanya memiliki konsekuensi yang berbeda dengan besaran dosis dan jenis radiasi yang sama. Beberapa faktor yang berpengaruh terhadap tingkat keparahan genetik akibat paparan radiasi di antaranya jenis radiasi, laju dosis, dosis serap, distribusi paparan radiasi pada tubuh, distribusi waktu paparan radiasi pada tubuh dan usia. Berdasarkan jenis sel, efek radiasi dibagi menjadi (Akhadi, 2000).

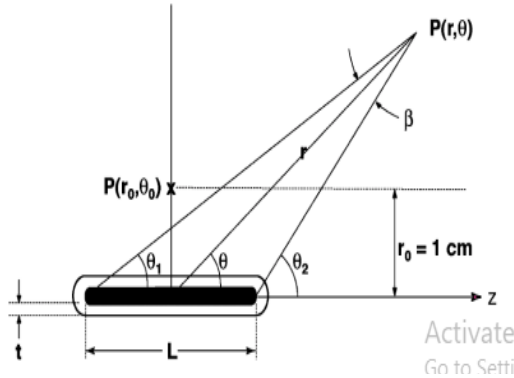
- a. Efek genetik, merupakan efek yang terjadi pada keturunan dari individu yang terkena paparan radiasi. Contohnya adalah penyakit turunan dan kanker pada masa kanak-kanak (Akhadi, 2000).
- b. Efek somatik, merupakan efek yang terjadi pada individu yang terpapar radiasi secara langsung.

Brakiterapi

Brakiterapi merupakan metode pengobatan dengan radioterapi yang menggunakan sumber radioaktif yang dipasang pada tumor. Pada umumnya brakiterapi dengan sumber radiasi tertutup, yaitu dengan ^{226}Ra , ^{60}Co , ^{137}Cs , dan ^{192}Ir tidak bersifat permanen, kecuali dengan ^{125}I . Brakiterapi bertujuan untuk memberikan dosis tambahan (booster) setelah pemberian radiasi eksternal (Susworo dan kodrat, 2017).

Dosimetri Brakiterapi Berdasarkan AAPM TG- 43

Tahun 1995, AAPM TG-43 memperkenalkan protokol kerja untuk meminimalkan perbedaan informasi dosimetri. Karakteristik dosimetri yang direkomendasikan adalah kuat kerma udara, konstanta laju dosis, fungsi geometri, fungsi radial dan fungsi anisotropi. Gambar memperlihatkan sistem koordinat yang digunakan pada perhitungan dosimetri brakiterapi di sekitar sumber (Rivard *et Al*, 2004).



Gambar 3.2 Sistem Koordinat Dosimetri Brakiterapi AAPM TG-43 (Rivard *et Al*, 2004).

Untuk menghitung laju dosis brakiterapi di dalam udara berdasarkan AAPM TG-43 dapat dilakukan melalui persamaan berikut (Rivard *et Al*, 2004).

$$\dot{D}(r, \theta) = Sk \cdot \alpha \left(\frac{G(r, \theta)}{G(1, \frac{\pi}{2})} \right) g(r) F(r, \theta) \quad (3.5)$$

Keterangan :

$\dot{D}(r, \theta)$: Laju dosis dalam udara (cGy h^{-1})

r : Jarak dari sumber ke titik p (cm)

θ : Sudut antara r dan sepanjang axis sumber

Sk : *Air Kerma Strength* sumber ($\text{cGy cm}^2 \text{h}^{-1}$)

α : Konstanta laju dosis di udara pada posisi referensi ($\text{cGy h}^{-1} \text{U}^{-1}$)

$G(r, \theta)$: Fungsi geometri

$g(r)$: Fungsi dosis radial

$F(r, \theta)$: Fungsi anisotropi

Organ at Riks (OAR)

Perencanaan radioterapi harus selalu mempertimbangkan struktur jaringan normal yang berada di sekitar lokasi kanker yang dikenal dengan *Organ at Risk (OAR)*. *OAR* menjadi pertimbangan sebagai organ yang tidak dapat menerima radiasi yang besar melewati batas ketentuan yang telah ditetapkan. Hal ini dikarenakan kerusakan pada sejumlah kecil jaringan normal menyebabkan gejala klinis yang parah. Dosis toleransi pada *Organ at Risk* pada daerah *Whole pelvic* yang dapat dilihat pada tabel berikut (Khan, 2003).

Tabel 3.1 Dosis Toleransi pada *Organ at Risk* (ICRU Reports 83).

NO	<i>Organ at Risk</i>	Volume / Dosis
1	<i>Small bowel / large bowel</i>	30% dengan dosis > 40 Gy
2	<i>Rectum / Sigmoid</i>	60% dengan dosis ≤ 40 Gy
3	<i>Bledder</i>	35% dengan dosis ≤ 45 Gy
4	<i>Femoral Head</i>	15% dengan dosis < 35 Gy

Dosis yang perlu diperhatikan dalam *treatment* kanker servik adalah toleransi dosis kandung kemih dan rektum yang diterima. Pengukuran dosis kandung kemih dan rektum dapat dilakukan dengan mengukur dosisnya langsung menggunakan detektor yang sesuai pada saat *treatment*.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

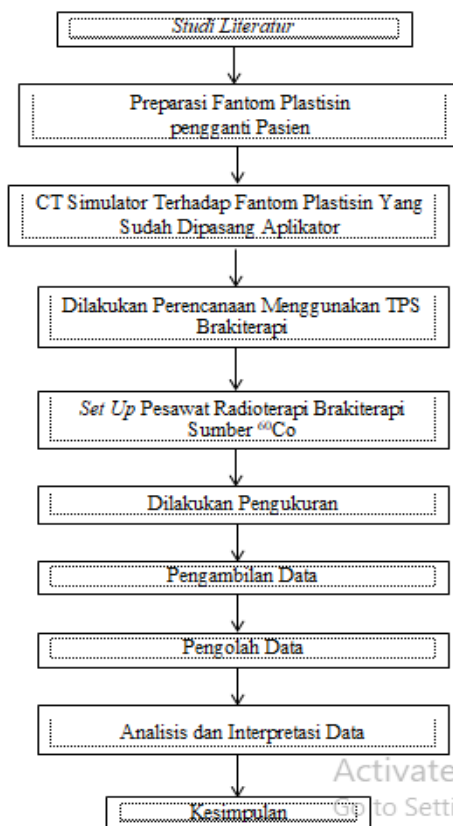
Penelitian ini termasuk penelitian eksperimental dengan menggunakan data primer hasil histogram parameter dari TPS (*Treatment Planning System*) brakiterapi dengan sumber ^{60}Co . Penelitian ini dilakukan pada bulan Juli 2022 sampai dengan bulan Agustus 2022 di Instalasi Radioterapi RSUD Provinsi NTB dan Laboratorium Fisika Dasar Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Mataram.

Alat dan Bahan Penelitian

Pesawat radioterapi brakiterapi ^{60}Co , Aplikator ovoid dan intrauterin, Fantom plastisin, TPS brakiterapi, Detektor farmer, Termometer, Higrometer, Kabel Coaxial, serta CT. Simulator.

Prosedur Penelitian

Adapun tahapan-tahapan dalam penelitian ini digambarkan pada diagram alir di bawah ini:



Gambar 4.1 Diagram Tahapan Penelitian.

Pengolah Data

Data hasil pengukuran adalah data hasil histogram parameter D_{2cc} radiasi kandung kemih dan D_{2cc} radiasi rektum pada setiap jarak yang telah ditentukan dari aplikator. Setelah didapatkan data-data tersebut tahap selanjutnya adalah pengumpulan data-data yang telah terbaca. Dosis pada Aplikator minimal akan menerima dosis sebesar 95%. Hal ini didasarkan pada rekomendasi ICRU No.50 tentang definisi target volume yang menyebutkan bahwa titik A merupakan daerah *Treated Volume* yang mendapatkan dosis minimal 95%. Selanjutnya, data pengukuran jarak kandung kemih dan jarak rektum serta D_{2cc} yang diterima oleh keduanya diolah dengan cara memplot-kan setiap perubahan jarak kandung kemih dan jarak rektum dari aplikator dan dosis yang diterimanya ke dalam bentuk grafik hubungan antara jarak dengan dosis.

Plotting grafik hubungan jarak dengan dosis bertujuan untuk membuktikan terjadi penurunan dosis pada kandung kemih dan rektum akibat adanya pertambahan jarak dari aplikator. Sedangkan membandingkan jarak kandung kemih dan jarak rektum dengan distribusi dosis yang diperoleh dipergunakan untuk memprediksi jarak kandung kemih dan jarak rektum dari aplikator yang dapat menghasilkan perencanaan brakiterapi yang ideal.

Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan cara analisis regresi kuadratik alasannya karena analisis regresi kuadratik merupakan analisis yang dapat digunakan untuk menganalisis setiap variabel dari hasil penelitian sehingga diperoleh kumpulan data hasil penelitian yang ringkas (Subroto, dkk., 2013). Analisis regresi kuadratik juga merupakan analisis yang parameternya *non-linier* artinya apabila diturunkan terhadap parameternya sendiri hasil yang didapatkan masih mengandung parameter tersebut. Untuk mengetahui pengaruh jarak kandung kemih dan jarak rektum dari aplikator terhadap dosis yang diterima dapat dilakukan perbandingan antara hasil penelitian atau hasil pengamatan dari luaran D_{2cc} kandung kemih dan D_{2cc} rektum dengan perhitungan yang menggunakan pendekatan analisis regresi kuadratik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

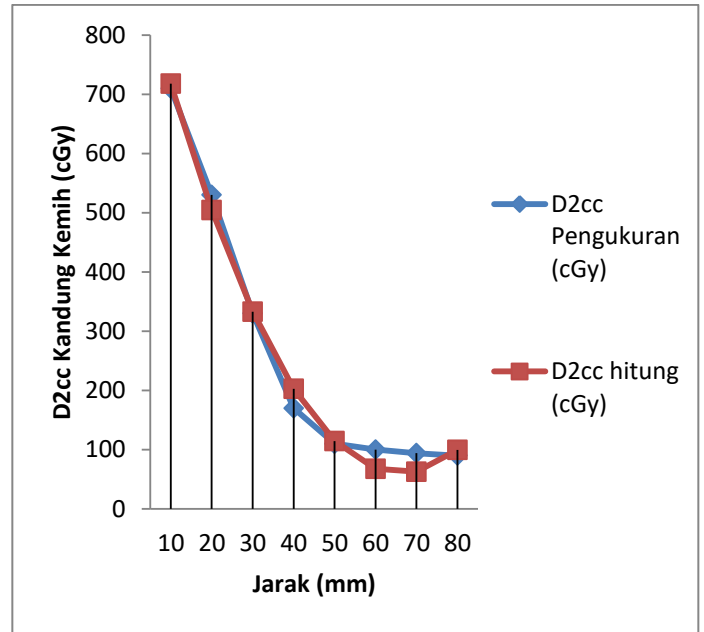
Telah dilakukan penelitian tentang analisis pengaruh jarak kandung kemih dan jarak rektum dari aplikator terhadap nilai D_{2cc} pada perencanaan brakiterapi kanker serviks di Instalasi Radioterapi Rumah Sakit Umum Daerah Provinsi Nusa Tenggara Barat. Adapun hasil penelitian dapat dilihat pada Tabel 5.1 berikut.

Tabel 5.1 Hasil pengukuran D_{2cc} TPS brakiterapi pada organ kandung kemih dan organ rektum.

NO	1	2	3	4	5	6	7
Nama Pasien	A	B	C	D	E	F	G
Jarak Organ Dari Aplikator (cm)	1	2	3	4	5	6	8
Volume Kandung Kemih (cm^3)	34,9	35,6	40,6	32,8	31,5	34,9	30,0
Volume Rektum (cm^3)	27,8	29,1	31,6	29,5	27,3	28,6	29,3
D_{2cc} Kandung Kemih (Gy)	7,1	5,3	3,3	1,7	1,1	1,0	0,9
D_{2cc} Rektum (Gy)	4,1	3,2	1,8	1,6	1,1	0,8	0,6

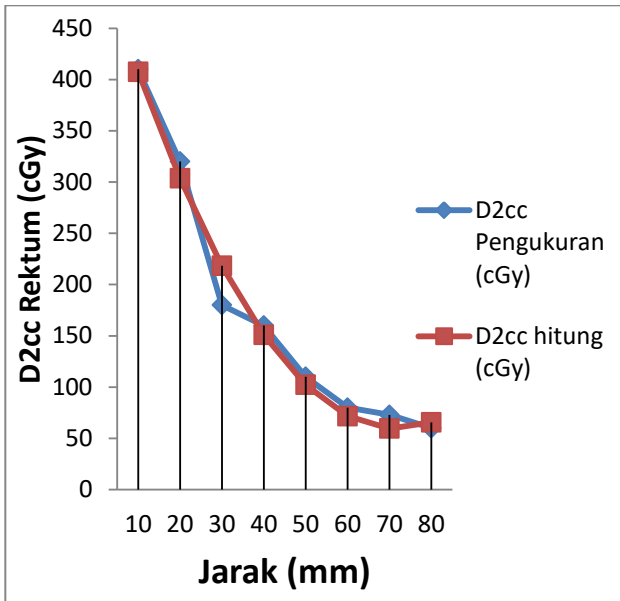
Pembahasan

Uraian dari tabel 5.1 diperoleh data untuk melakukan pendekatan perhitungan analisis regresi kuadrat pada perencanaan brakiterapi di *Organ at Riks (OAR)*. Data yang diperoleh dapat dilihat pada tabel 5.2 yaitu tabel untuk perhitungan koefisien-koefisien regresi kuadrat organ kandung kemih pada perencanaan brakiterapi kanker serviks yang terdapat pada Lampiran II. Dengan variabel jarak diganti dengan X dan variabel D_{2cc} diganti dengan Y, dengan X satuannya dalam mili meter (mm) dan Y satuannya dalam senti gray (cGy).



Gambar 5.1 Grafik hubungan jarak kandung kemih dengan D_{2cc} pada hasil pengukuran dengan hasil perhitungan analisis regresi kuadrat.

Hasil yang ditampilkan pada gambar 5.2 merupakan grafik hasil hubungan jarak kandung kemih dengan D_{2cc} pada pengukuran dengan hasil perhitungan analisis regresi kuadrat. Garis berwarna biru merupakan hasil pengukuran dan garis berwarna merah merupakan hasil perhitungan dengan persamaan garis yang didapatkan sebesar $\hat{y}_i = 0,208491x_i^2 - 27,6056x_i + 973,4298$. Dari grafik yang terbentuk hasil pengukuran dan hasil perhitungan sangat jelas memiliki nilai yang hampir mendekati satu sama lain dengan nilai R^2 hampir mendekati 1, yang berarti hasil pengukuran dan hasil perhitungan tidak jauh berbeda. Hasil yang diperoleh ini menunjukkan penelitian yang dikerjakan berhasil hal ini dikarenakan hasil yang didapatkan sesuai dengan teori hukum kuadrat jarak terbalik yang menyatakan bahwa semakin jauh jarak organ dari titik kanker atau titik aplikator maka D_{2cc} yang akan diterima organ semakin kecil.



Gambar 5.2 Grafik hubungan jarak rektum dengan D_{2cc} rektum pada hasil pengukuran dengan hasil perhitungan analisis regresi kuadratik.

Hasil yang ditampilkan pada gambar 5.2 merupakan grafik hasil hubungan antara jarak rektum dengan D_{2cc} rektum pada pengukuran dengan hasil perhitungan analisis regresi kuadratik. Garis berwarna biru merupakan hasil pengukuran dan garis berwarna merah merupakan hasil perhitungan analisis regresi kuadratik dengan persamaan garis yang didapatkan sebesar $\hat{y}_i = 0,091637X_i^2 - 13,1312X_i + 529,6694$. Dari grafik yang terbentuk hasil pengukuran D_{2cc} rektum dan hasil perhitungan D_{2cc} rektum menggunakan analisis regresi kuadratik dapat dikatakan sesuai karena memiliki nilai R^2 mendekati 1 atau tingkat kesesuaiannya sangat sama. Hasil D_{2cc} pada organ kandung kemih dan rektum yang diperoleh pada penelitian memiliki kesesuaian hasil dengan beberapa hasil penelitian terdahulu yaitu ada penelitian Subroto dkk.. (2013), dan penelitian Kristiani. (2011) yang membuktikan semakin jauh jarak organ dari aplikator atau sumber radiasi maka D_{2cc} yang akan diperoleh semakin kecil.

Kesimpulan

Berdasarkan tujuan dan hasil penelitian yang telah dipaparkan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- D_{2cc} kandung kemih pada perencanaan brakiterapi kanker servik didapatkan nilai D_{2cc} berturut-turut pada setiap variasi jarak yang telah ditentukan yakni 7,1 Gy, 5,3 Gy, 3,3 Gy, 1,7 Gy, 1,1 Gy, 1,0 Gy dan 0,9 Gy.
- D_{2cc} rektum pada perencanaan brakiterapi kanker servik didapatkan nilai D_{2cc} berturut-turut pada setiap variasi jarak yang telah ditentukan yakni 4,1 Gy, 3,2 Gy, 1,8 Gy, 1,6 Gy, 1,1 Gy, 0,8 Gy dan 0,6 Gy.
- Semakin jauh jarak organ kandung kemih dan organ rektum dari aplikator atau sumber radiasi maka semakin kecil pula D_{2cc} yang akan diperoleh.

Saran

Beberapa hal yang penulis sarankan untuk pengembangan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Melakukan lebih banyak perbandingan pada saat penelolahan data salah satunya menggunakan perhitungan TG-43 agar lebih mendapatkan data yang lebih akurat lagi.
- Melakukan pengukuran dengan menggunakan metode memakai aplikator intrauterine, aplikator ovoid kiri dan aplikator ovoid kanan pada fantom, dan menggunakan metode yang hanya memakai aplikator intrauterine saja tanpa memakai aplikator ovoid kiri dan ovoid kanan.
- Untuk Instalasi Radioterapi Rumah Sakit Umum Daerah Provinsi NTB dapat memasang tabel D_{2cc} atau tabel dosis serap pada *Organ At Riks/OAR* di dekat TPS yang berfungsi sebagai acuan bagi fisikawan medik agar lebih mudah pada saat melakukan perencanaan pengobatan kanker servik menggunakan brakiterapi.

DAFTAR PUSTAKA

- Afiyanti, Y., dan Pratiwi. (2016). *Seksualitas Dan Kesehatan Reproduksi Perempuan*. Jakarta: Rajawali Pers.
- Akhadi, M. (2000). *Dasar-Dasar Proteksi Radiasi*. Jakarta : Rineka Cipta.
- Alatas, Z. (2016). *Buku Pintar Nuklir*. Jakarta: BATAN Press.
- American Cancer Society. (2014). *Cancer Fact And Figures 2014*. Diambil Dari(<http://www.cancer.org/research/cancerfactsstatistics/cancerfactsfigures2014/> Yang Diakses Tanggal 3 Maret 2022).
- Andrian, R. (2010). *Dosimetri Sumber Iridium-192 LDR Brakiterapi Pada Medium Air Dan Udara Menggunakan Film Gafchormic EBT 2 Dengan Protokol (AAPM TG-43)*. Skripsi. Jurusan Fisika Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia, Depok.
- Corwin, E. (2009). *Buku Saku Patofisiologi Corwin*. Jakarta: Aditya Media.
- Dinuriah, S. (2016). Gambaran Gangguan Mental Emosional Pada Penderita Kanker Dalam Masa Kemoterapi Di RS Umum Kabupaten Tangerang. *Jurnal Pendidikan Dan Kebudayaan*. Vol 1. No.2.
- Effina, A. (2021). Distribusi Dosis Radiasi Foton Pada Treatment Planning System Menggunakan Teknik 3DCRT Dan IMRT Untuk Terapi Kanker Servik. *Jurnal Fisika*. Vol 11.No.1.
- Emilia. (2010). *Bebas Ancaman Kanker Servik*. Yogyakarta: Medpress.
- Hiswara, E. (2015). *Buku Pintar Proteksi Dan Keselamatan Radiasi Di Rumah Sakit*. Jakarta: BATAN Press.
- Indriati, R. (2018). *Paparan Medik Penyinaran Radioterapi, Jurusan Teknik Radiodiagnostik Dan Radioterapi*. Semarang: Poltekkes Kemenkes Semarang.
- Islamiyah, I. (2016). *Evaluasi Dosis Organ At Riks (OAR) Kanker Servik Menggunakan Dose Volume Histogram (DVH) Pada Brakiterapi*. Skripsi. Jurusan Fisika Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Airlangga, Surabaya.
- Khan, F.M. (2003). *The Physics Of Radiation Therapy, Edisi Ketiga*. USE: Mapple Press.
- Khan, F.M. (2010). *The Physics Of Radiation Therapy, 4th Edition*. Philadelphia: Lippincott Williams Dan Wilkins.
- Kristiani, T. (2011). *Analisis Dosis Pada Buli Dan Rektum Dalam Perlakuan Brakiterapi Kanker Servik Dengan Sumber Iridium-192*. Skripsi. Jurusan Fisika Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Depok, Depok.
- Nahum, A dan Mayles, P. (2007). *Handbook Of Radiotherapy Physics Theory And Practice*. Francis: Taylor Ekspres.
- Oemiati, R., Rahajeng, E., dan Kristanto, A.Y. (2011). Prevalensi Tumor Dan Beberapa Faktor Yang Mempengaruhinya Di Indonesia. *Jurnal Badan Penelitian Dan Pengembangan Kesehatan*. Vol. 39. No.4. Hal: 190-204.
- Podgorsak, E. B. (2005). *Radiation Oncology Physics: A Handbook For Teachers And Students*. Vienna: International Atomic Energy Agency.
- Ramdhani, S., Khotimah, S. N., Wardaya, S., dan Haryanto, F. (2011). Perhitungan Laju Serap Untuk Simulasi Terapi Kanker Servik Dengan Metode High

Wina Dwi Marianti, dkk. (2022)

Dose Rate Berdasarkan TG-42U1. Jurnal FisikaHimpunan Fisika Indonesia. Vol.11. No.1. Hal: 6-11.

Serway, R. A. dan Jewett, J. W. (2010). *Fisika Untuk Sains Dan Teknik, Edisi 6.* Jakarta: Salemba Teknika.

Sloane, E. (2003). *Anatomi Dan Fisiologi Untuk Pemula.* Jakarta: EGC.

Subroto, R., Setiawati, E., dan Suwardi, S. (2013). Analisis Pengaruh Perubahan Sentrasi Dosis Dan Jarak Kandung kemih Terhadap Distribusi Dosis Pada Perencanaan Brakiterapi Kanker Servik. *Youngster Physics Journal.* Vol 1. No 4. Hal: 121-126.

Suharmono, B. H., Hilmaniyya, H., Aggraini, I.Y., dan Astuti, S. D. (2020). Quality Assurance (QA) Dan Quality Control (QC) Pada Instrumen Radioterapi Pesawat LINAC. *Jurnal Biosains Pascasarjana.* Vol.22. No. 22. Hal: 73-80.

Sudjana. (2002). *Metoda Statistika.* Bandung: Tarsito.

Susilo, A. (2019). Tinjauan Virus Literatur Terkini. *Jurnal Penyakit Dalam Indonesia.* Vol 7, No.1.

Susworo, R., dan Kodrat, H. (2017). *Dasar-Dasar Radioterapi Tata Laksana Radioterapi Penyakit Kanker.* Jakarta: UI-Press.

Susworo, R. (2007). *Dasar-Dasar Radioterapi Dan Tata Laksana Radioterapi Penyakit Kanker.* Jakarta: UI Prees.

Wijaya, D. (2010). *Pembunuh Ganas Itu Bernama Kanker Servik.* Yogyakarta: Sinar Kejora.

Wijokongko, S. (2016). *Protokol Radiologi Ct Scan Dan MRI.* Jawa Tengah: Inti Medika Pustaka.

Yahya, A. (2018). *Simulasi Distribusi Fluks Radiasi Dari Brakiterapi Untuk*

PENGARUH JARAK KANDUNG KEMIH DAN JARAK REKTUM....

Kasus Kanker Servik Dengan Menggunakan Program Aplikasi Scilab. Skripsi. Jurusan Fisika Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin, Makasar.

Yamato, K. (2006). Induction Of Cell Death In Human Papillomavirus 18-Positive Cervikal Cancer Cell By E6 SIRNA. *Jurnal Cancer Gene Therapy.* Vol 13. National Library Of Medicine: Hal 234-241.