



## **Analisis Penggunaan Bolus Berbahan Plastisin pada Pasien *Fibrosarcoma* dengan *Treatment Planning System* (TPS)**

Riska Fitriani<sup>1,\*</sup>, Kadek Subagiada<sup>1</sup>, Suhadi Mulyono<sup>1</sup>, Robert Janssen Stevenly<sup>2</sup>, Suryaningsih<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Mulawarman, Samarinda, Kalimantan Timur

<sup>2</sup>Instalasi Radioterapi, RSUD AW. Sjahranie, Samarinda, Kalimantan Timur

\*E-mail: riskafitriani910@gmail.com

---

### **Abstract**

Bolus is a material that has properties similar to body tissues and is used to maximize the absorbed dose on the skin surface. The purpose of this research was to determine the most optimal treatment to kill fibrosarcoma on the patient's skin surface by comparing the isodose curve and the value of the radiation absorption dose on the physical bolus (from CT-Scan) and model bolus (TPS). This study used data in the form of bolus images (with a bolus thickness of 0 cm, 0.5 cm and 1.0 cm) and phantom image. Then the data was processed with Treatment Planning System (TPS) and given energy variations in the form of electrons (10 MeV, 12 MeV, and 15 MeV) and photons (6 MV and 10 MV). The result of this research was an isodosis curve that describes the distribution of the dose and the value of the absorbed dose of radiation received by the skin surface. The conclusion of this research is a bolus thickness of 0,5 cm and an electron energy of 15 MeV, has more even isodose curve (covering the entire tumor) and the maximum absorption dose value were 5720 cGy for physical bolus and 5710 cGy for TPS bolus.

**Keywords:** Absorbed Dose, Bolus, Energy, Isodose Curve

---

### **PENDAHULUAN**

Radioterapi (terapi radiasi) merupakan salah satu metode yang paling umum digunakan dalam *treatment* (pengobatan) penyakit kanker. Metode ini memanfaatkan paparan radiasi dengan menggunakan radiasi energi tinggi seperti foton dan elektron untuk membunuh sel-sel kanker. Salah satu alat penghasil berkas foton ataupun elektron adalah Linac (*Linear Accelerator*). Namun, sebelum dilakukan *treatment* pada pasien menggunakan pesawat Linac perlu dilakukan *Treatment Planning System* (TPS) yang salah satunya bertujuan sebagai evaluasi kelayakan dosis radiasi yang diberikan sebelum memasuki ke *treatment* yang sesungguhnya menggunakan pesawat Linac.

Pada saat dilakukan *treatment* menggunakan Linac ternyata memberikan beberapa masalah, yaitu adanya sebagian berkas radiasi yang kemungkinan mengenai jaringan sehat (normal) sehingga berpotensi memunculkan kanker baru yang tidak diinginkan. Selain itu dosis radiasi di permukaan kulit seringkali belum maksimal untuk mengobati kanker. Oleh karena itu perlu dilakukan *treatment* untuk membunuh kanker yang berada di permukaan kulit (*superficial*) seperti pada kasus *fibrosarcoma*. Untuk mengatasi masalah ini maka diperlukan

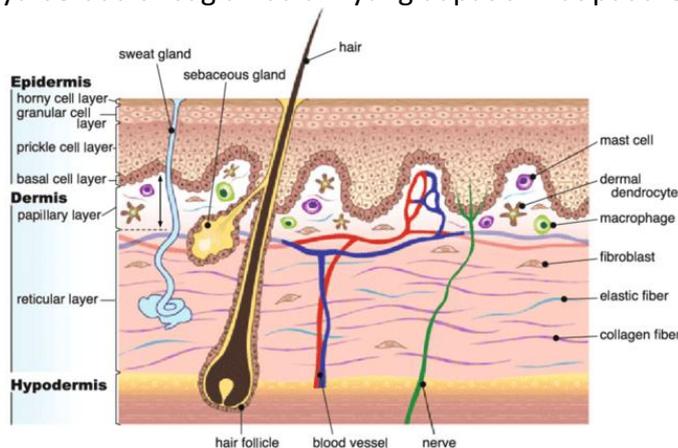
suatu material berupa bolus (disebut bolus fisik atau bolus hasil *CT-Scan*) yang diletakkan di permukaan kulit untuk memaksimalkan dosis serap radiasi di permukaan kulit sehingga dapat mengurangi atau mengubah dosis serap pada target, yang mana bolus ini memiliki sifat setara dengan jaringan ketika diiradiasi. Di sisi lain, dosis serap radiasi di permukaan kulit juga bisa dihitung secara komputasi dengan menggunakan bolus model yang selanjutnya disebut dengan bolus TPS. Sedangkan nilai dosis serap radiasi di permukaan kulit bisa diperoleh dari kurva-kurva isodosis.

Penelitian terdahulu telah dilakukan juga oleh Purba (2018) mengenai konsistensi bolus berbahan plastisin. Dari hasil penelitian tersebut didapat bahwa bolus dengan bahan plastisin mampu memaksimalkan dosis serap di permukaan dan layak digunakan di rumah sakit. Oleh karena itu menarik untuk diteliti lebih lanjut tentang penggunaan bolus dengan bahan plastisin pada pasien *fibrosarcoma* dengan *treatment planning system* (TPS). Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui *treatment* yang paling maksimal untuk membunuh *fibrosarcoma* dengan membandingkan kurva isodosis dan nilai dosis serap antara bolus fisik dan bolus TPS.

## TINJAUAN PUSTAKA

### *Fibrosarcoma*

*Fibrosarcoma* (*fibroblastic sarcoma*) merupakan jenis kanker (tumor ganas) pada jaringan lunak yang menyerang sel fibroblas. Sel fibroblas merupakan sel yang ada di bagian dermis pada kulit tepatnya berada di bagian dalam yang dapat dilihat pada Gambar 1 [3].



Gambar 1. Lapisan Kulit Manusia [1]

*Fibrosarcoma* paling jarang ditemui dan dapat terjadi di bagian tubuh mana saja [13]. *Fibrosarcoma* merupakan kelompok kanker yang paling sering menyerang orang yang relatif lebih muda [12].

### Radioterapi

Radioterapi merupakan suatu spesifikasi klinis yang menggunakan radiasi pengion baik sinar elektromagnetik maupun partikel untuk membunuh tumor ganas (kanker) maupun tumor jinak. Secara mikroskopis baik sel-sel normal maupun sel-sel kanker bisa dipengaruhi oleh radiasi ini. Proses ionisasi sebagai hasil interaksi radiasi pengion dengan materi (dalam hal ini sel kanker/tumor) akan membuat rantai DNA kanker/tumor tersebut putus sehingga mematikan jaringan tersebut [10]. Salah satu sifat sinar-X yang paling menguntungkan adalah dapat menembus bahan dan mengalami atenuasi (diserap) oleh bahan yang dilaluinya, sehingga intensitas radiasi setelah melewati bahan akan lebih kecil dibandingkan intensitas mula-mula. Sedangkan radiasi elektromagnetik hanya dapat dikurangi intensitasnya bila perisai ini dipertebal. Adapun atenuasi sinar-X ke dalam suatu bahan tergantung dari nomor atom,

kerapatan bahan, ketebalan bahan, kekerasan bahan atau kalau dinyatakan dalam persamaan:

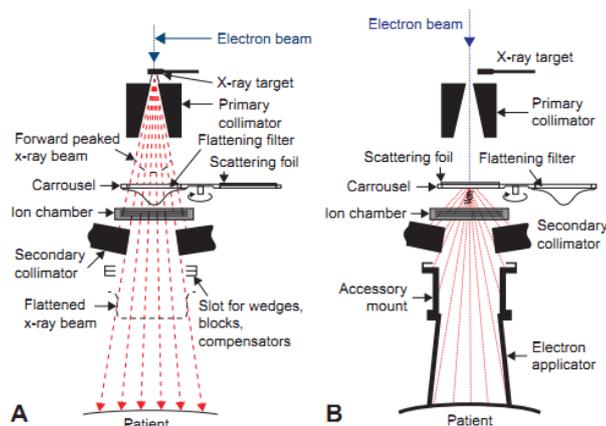
$$I = I_0 e^{-\mu x} \quad (1)$$

Dengan  $I$  sebagai intensitas radiasi setelah menembus bahan,  $I_0$  sebagai intensitas radiasi sebelum menembus bahan,  $\mu$  sebagai koefisien serapan linier bahan dan  $x$  adalah sebagai tebal bahan yang digunakan [11].

Tujuan dari radioterapi adalah untuk memberikan radiasi dengan dosis yang terukur dan tepat sesuai volume kanker yang telah ditetapkan untuk membunuh kanker dengan kerusakan yang seminimal mungkin pada jaringan sehat di sekitar kanker, dalam rangka kontrol lokal dan meningkatkan kualitas hidup dengan mempertimbangkan survival dengan biaya yang dapat dijangkau. Selain tujuan kuratif, radioterapi juga berperan penting dalam manajemen terapi paliatif dan pencegahan dari gejala suatu penyakit seperti mempertahankan integritas tulang dan fungsi organ dengan mordibitas yang minimal [7].

### Linac

Linac (*linear accelerator*) merupakan salah satu jenis akselerator dengan prinsip kerja mempercepat partikel bermuatan (elektron) dalam lintasan garis lurus oleh medan listrik yang berosilasi. Keluaran dari akselerator linier adalah elektron atau konversinya yaitu foton [15]. Kepala Linac memiliki komponen yang mempunyai peranan penting dalam produksi dan memonitor berkas yang dihasilkan oleh Pesawat Linac. Kepala Linac memberikan perlindungan dari kebocoran radiasi sesuai dengan pedoman proteksi radiasi. Proses keluaran foton dan elektron pada Linac dapat ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Skema Komponen Dasar Bagian Kepala Linac untuk (A) Menghasilkan Berkas Foton dan (B) Berkas Elektron [6]

Berkas foton dari pesawat pemercepat linier medik dihasilkan dari berkas elektron yang dipercepat dalam *wave guide* yang ditumbukkan pada suatu target. Untuk keperluan penyinaran tumor, diperlukan berkas radiasi foton yang homogen. Untuk itu berkas radiasi difiltrasi menggunakan filter perata (*flattening filter*) yang berbentuk konus (*cone*) dengan titik konus menghadap target. Filter ini dibuat dari bahan tungsten atau logam atau kombinasi timah hitam/baja [2].

Berbeda dengan berkas foton, untuk menghasilkan berkas elektron, maka elektron tidak perlu ditembakkan ke target. Elektron yang dipercepat tadi langsung diteruskan ke *primary collimator*. Kemudian elektron diteruskan ke bagian *carousel* melewati *scattering foil*. Tujuannya agar berkas elektron dapat terhamburkan. Kemudian berkas elektron diteruskan menuju *secondary collimator* sehingga didapatkan berkas elektron yang beragam dan meminimalkan luas lapangan. Untuk memperoleh radiasi pada bagian tepi yang relatif baik, maka berkas elektron dikolimasi sedekat mungkin dengan permukaan kulit pasien sehingga

meminimalkan jaringan sehat yang terkena radiasi menggunakan aplikator elektron. Berkas elektron biasanya digunakan pada pasien dengan jarak sumber radiasi ke permukaan tubuh yang tetap yaitu 100 cm dengan jarak ujung aplikator ke permukaan tubuh sekitar 5 cm. Aplikator berfungsi untuk menyearahkan berkas elektron yang cenderung bergerak menyebar. Jadi aplikator berfungsi untuk mengkolimasi berkas elektron. Dan aplikator ini terbuat dari material dengan nomor atom rendah [14].

### **Bolus**

Bolus merupakan suatu bahan yang lunak dan tangguh serta memiliki sifat setara dengan jaringan tubuh manusia. Bahan yang digunakan sebagai bolus antara lain lilin (*paraffinwax*), *polystyrene*, *lucite*, *superstuff* dan *superflab*. Karena lokasi tumbuhnya sel kanker bisa di dalam tubuh, mendekati permukaan kulit, atau tumbuh pada permukaan kulit, sehingga persentase dosis pada permukaan kulit belum maksimal. Pada kedalaman tertentu dosis maksimum didapat sehingga diperlukan bahan material berupa bolus. Bolus digunakan pada permukaan kulit untuk memaksimalkan dosis permukaan, mengurangi dosis kedalaman agar cocok dengan pengobatan yang diinginkan dan meratakan jaringan yang tidak rata. Dengan demikian akan memudahkan dalam melakukan *treatment* [5].

### **Phantom**

*Phantom* digunakan sebagai pengganti tubuh manusia dalam hal pengukuran dosis radiasi dari berkas sinar-X maupun elektron. Alasan digunakannya *phantom* karena merupakan medium yang mempunyai sifat menyerap dan menghubungkan berkas sinar seperti halnya tubuh manusia. Air adalah bahan *phantom* standar untuk pengukuran dosimetri dari berkas sinar-X dan elektron, air juga sebagai bahan pengganti jaringan lunak yang paling universal. Selain itu, digunakan juga *phantom* padat dengan densitas yang mendekati jaringan tubuh manusia. Material yang sering digunakan untuk *phantom* padat ini di antaranya polisyterin, Lucite, akrilik, dan *solid water* [9].

### **Treatment Planning System (TPS)**

*Treatment planning system* (TPS) merupakan kombinasi dari *hardware* dan *software* yang digunakan oleh pengguna untuk menghasilkan dan menampilkan kalkulasi distribusi dosis untuk fisika medis dalam menentukan radiasi penyinaran pasien. TPS merupakan suatu perencanaan radioterapi untuk menentukan kontur (tubuh, target, dan *organ at risk*), *beam input*, distribusi dosis, peralatan penunjang radiasi, (blok, *wedge*, dll), kurva isodosis dan lainnya [4].

### **Dosis Serap**

Dosis serap merupakan jumlah energi radiasi atau banyaknya energi yang diserap oleh bahan persatuan massa bahan itu atau dapat dinyatakan seperti persamaan di bawah ini: [5]

$$D = \frac{dE}{dm} \quad (2)$$

Dimana D adalah dosis serap radiasi (J/kg atau Gy), E adalah energi (J), dan m merupakan massa bahan penyerap (kg).

### **Kurva Isodosis**

Kurva isodosis merupakan kurva yang menggambarkan besarnya energi radiasi berupa foton/elektron yang menembus suatu objek pada tingkat kedalaman tertentu. Kurva isodosis harus mencakup PTV dari kontur organ kanker (target) yang dituju. Energi yang digunakan dalam pemberian terapi radiasi adalah berupa foton dan elektron [8].

## METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini alat yang digunakan berupa *phantom*, komputer yang sudah terinstal *software* XiO Release 5.00.01, dan CT-Scan. Sedangkan bahan yang digunakan berupa bolus (bahan plastisin), kanker buatan, dan citra bolus. Prosedur penelitian ini dilakukan dalam tiga tahap. Tahap pertama adalah pengambilan data berupa citra *phantom*, kanker buatan setebal 2,0 cm dan bolus. Tahap kedua pengolahan data pada TPS dilakukan dengan menggunakan komputer yang telah terinstal *software* XiO Release 5.00.01 dengan teknik 3DCRT. Pada tahapan ini akan disimulasikan pendistribusian dosis dengan menggunakan bolus 0 cm, 0,5 cm dan 1,0 cm. Pada tahapan ini mulai dilakukan perencanaan radiasi dengan dosis yang digunakan untuk kasus *fibrosarcoma* adalah sebesar 6000 cGy dengan estimasi dosis serap yang sampai di area kanker adalah 5400 cGy dan 5700 cGy. Berkas elektron yang digunakan adalah energi 10 MeV, 12 MeV, dan 15 MeV, sedangkan berkas foton yang digunakan adalah 6 MV dan 10 MV. Tahapan ketiga dilakukan analisis data dari TPS setelah dilakukan penginputan dosis dengan membandingkan pergeseran dari kurva isodosis dan nilai dosis serap dengan menggunakan bolus 0 cm, 0,5 cm, dan 1,0 cm pada bolus fisik dan bolus TPS.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan analisis data, didapatkan bahwa dengan menggunakan bolus 0,5 cm dengan berkas elektron 15 MeV dan tebal bolus 1,0 cm dengan berkas foton 6 MV memberikan dosis serap yang maksimal dan distribusi dosis yang merata jika dilihat dari kurva isodosis. Adapun kurva isodosis pada ketebalan bolus 0,5 cm dan berkas elektron 15 MeV dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Kurva isodosis dengan Ketebalan Bolus 0,5 cm dan energi elektron 15 MeV untuk (a) bolus fisik dan (b) bolus TPS

Dilihat dari kurva isodosis pada Gambar 3a dan Gambar 3b, menggambarkan distribusi dosis serap yang merata, yang melingkupi seluruh area kanker. Pada Gambar 3a diperoleh dosis serap sebesar 5500 cGy untuk target volume 5400 cGy dan dosis serap sebesar 5720 cGy untuk target volume 5700 cGy. Sedangkan pada Gambar 3b diperoleh dosis serap sebesar 5470 cGy untuk target volume 5400 cGy dan dosis serap sebesar 5710 cGy untuk target volume 5700 cGy. Dari Gambar 3a dan Gambar 3b, keduanya sudah mencapai target volume yang diberikan.

Data kurva isodosis lain yakni pada ketebalan bolus 0,5 cm dan energi elektron 10 MeV dapat dilihat pada Gambar 4.



(a) (b)

Gambar 4. Kurva isodosis dengan ketebalan bolus 0,5 cm dan energi Elektron 10 MeV untuk (a) bolus fisik dan (b) bolus TPS

Dilihat dari kurva isodosis pada Gambar 4a dan Gambar 4b, menggambarkan distribusi dosis yang melingkupi seluruh area kanker. Namun dilihat dari pergeseran kurva isodosisnya, pada Gambar 4 ini lebih bergeser ke atas dibanding pada Gambar 3. Jika dilihat dari nilai dosis serapnya, pada Gambar 3a diperoleh dosis serap sebesar 5160 cGy untuk target volume 5400 cGy dan dosis serap sebesar 5410 cGy untuk target volume 5700 cGy. Sedangkan pada Gambar 3b diperoleh dosis serap sebesar 5130 cGy untuk target volume 5400 cGy dan dosis serap sebesar 5320 cGy untuk target volume 5700 cGy. Pada gambar 3a dan Gambar 3b belum mencapai target volume baik di target volume 5400 cGy maupun target volume 5700 cGy.

Data selanjutnya yakni kurva isodosis pada ketebalan bolus 0,5 cm dan energi elektron 12 MeV yang dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Kurva isodosis dengan ketebalan bolus 0,5 cm dan energi elektron 12 MeV untuk (a) bolus fisik dan (b) bolus TPS

Dari kurva isodosis yang dapat dilihat pada Gambar 5a dan Gambar 5b, menggambarkan distribusi dosis serap yang melingkupi seluruh area kanker. Namun terdapat sedikit perbedaan pergeseran kurva isodosis. Pada Gambar 5, kurva isodosis cenderung bergeser ke bawah dibanding Gambar 4. Jika dilihat dari nilai dosis serapnya, pada Gambar 5a diperoleh dosis serap sebesar 5300 cGy untuk target volume 5400 cGy dan dosis serap sebesar 5560 cGy untuk target volume 5700 cGy. Sedangkan pada Gambar 5b diperoleh dosis serap sebesar 5330 cGy untuk target volume 5400 cGy dan dosis serap sebesar 5570 cGy untuk target volume 5700 cGy. Pada Gambar 4a dan Gambar 4b belum mencapai target volume.

Data selanjutnya diambil dari ketebalan bolus 1,0 cm dan energi elektron 15 MeV yang dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Kurva isodosis dengan ketebalan bolus 1,0 cm dan energi elektron 15 MeV untuk (a) bolus fisik dan (b) bolus TPS

Dilihat dari kurva isodosis pada Gambar 6, distribusi dosis melingkupi seluruh area kanker. Namun terdapat perbedaan pergeseran kurva isodosis. Di mana pada Gambar 6, kurva isodosis cenderung bergeser ke atas dibandingkan pada Gambar 3, Gambar 4, dan Gambar 5. Jika dilihat dari nilai dosis serapnya, Gambar 6a diperoleh dosis serap sebesar 5040 cGy untuk target

volume 5400 cGy dan dosis serap sebesar 5490 cGy untuk target volume 5700 cGy. Pada Gambar 6a dan Gambar 6b belum mencapai target volume.

Pada penelitian menggunakan berkas foton 6 MV dan ketebalan bolus 1,0 cm, kurva isodosis dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Kurva isodosis dengan ketebalan bolus 1,0 cm dan berkas foton 6 MV untuk (a) bolus fisik dan (b) bolus TPS

Dilihat dari kurva isodosis pada Gambar 7a dan Gambar 7b, menggambarkan distribusi dosis serap yang merata, yang melingkupi seluruh area kanker. Pada Gambar 7a diperoleh dosis serap sebesar 5420 cGy untuk target volume 5400 cGy dan dosis serap sebesar 5230 cGy untuk target volume 5700 cGy. Sedangkan pada Gambar 7b diperoleh dosis serap sebesar 5470 cGy untuk target volume 5400 cGy dan dosis serap sebesar 5480 cGy untuk target volume 5700 cGy. Dari Gambar 7a dan Gambar 7b belum mencapai target volume, khususnya di target volume 5700 cGy.

Data lainnya yakni pada ketebalan bolus 1,0 cm dan berkas foton 10 MV dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Kurva isodosis dengan ketebalan bolus 1,0 cm dan berkas foton 10 MV untuk (a) bolus fisik dan (b) bolus TPS

Dilihat dari kurva isodosis pada Gambar 8, distribusi dosis tidak melingkupi seluruh area kanker, terutama pada bagian permukaan kanker. Dilihat dari pergeseran kurva isodosisnya, kurva isodosis cenderung bergeser ke bawah. Jika dilihat dari nilai dosis serapnya, pada Gambar 8a diperoleh dosis serap sebesar 5020 cGy untuk target volume 5400 cGy dan 5210 cGy untuk target volume 5700 cGy. Sedangkan pada Gambar 8b diperoleh dosis serap sebesar 4950 cGy untuk target volume 5400 cGy dan dosis serap sebesar 5230 cGy untuk target volume 5700 cGy. Pada Gambar 8a dan Gambar 8b belum mencapai target volume.

Data selanjutnya yakni dengan ketebalan bolus 0,5 cm dan berkas foton 6 MV dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Kurva isodosis dengan ketebalan bolus 0,5 cm dan berkas foton 6 MV untuk (a) bolus fisik dan (b) bolus TPS

Dari kurva isodosis pada Gambar 9, distribusi dosis serap tidak melingkupi seluruh area kanker, terutama pada bagian permukaan kanker. Dilihat dari pergeseran kurva isodosisnya, kurva isodosis pada Gambar 9 cenderung bergeser ke bawah. Jika dilihat dari nilai dosis serapnya, pada Gambar 9a diperoleh dosis serap sebesar 5180 cGy untuk target volume 5400 cGy dan dosis serap sebesar 5380 cGy untuk target volume 5700 cGy. Sedangkan pada Gambar 9b diperoleh dosis serap sebesar 4810 cGy untuk target volume 5400 cGy dan dosis serap sebesar 5070 untuk target volume 5700 cGy. Pada Gambar 9a dan Gambar 9b belum mencapai target volume.

Dari kurva isodosis dan nilai dosis serap yang diperoleh, dengan menggunakan radiasi elektron dan foton untuk kasus *fibrosarcoma* dengan ketebalan 2,0 cm di atas permukaan kulit, ternyata penggunaan bolus 0,5 cm dan berkas elektron 15 MeV dinilai lebih layak karena memberikan distribusi dosis yang menutupi seluruh area kanker dan memberikan nilai dosis serap permukaan yang maksimal dan telah mencapai target volume. Walaupun dalam penggunaan bolus 1,0 cm dan berkas foton 6 MV memberikan distribusi yang merata pula, namun jika dinilai dari nilai dosis serap yang diperoleh masih belum mencapai target volume. Hal ini disebabkan oleh jenis berkas dan energi yang digunakan.

Berkas elektron dan foton tentu memiliki daya tembus yang berbeda. Semakin besar energi yang digunakan maka daya tembus juga semakin jauh. Dengan menggunakan energi elektron, energi 15 MeV memiliki daya tembus yang lebih jauh dibanding dengan energi elektron 10 MeV dan 12 MeV. Sementara untuk foton, berkas foton 10 MV memiliki daya tembus jauh lebih besar dibanding berkas foton 6 MV. Berkas foton juga memiliki daya tembus yang jauh lebih besar dibanding dengan berkas elektron. Jika dilihat dari perbandingan kurva isodosis menggunakan berkas elektron dan foton, penggunaan berkas foton memberikan pergeseran kurva isodosis cenderung ke bawah, hal ini dikarenakan daya tembus foton yang besar sehingga dosis maksimal akan diperoleh pada kedalaman yang lebih jauh sehingga membuat kurva isodosis bergeser ke bawah.

Selain dipengaruhi oleh jenis berkas dan besarnya energi, kurva isodosis dan dosis serap radiasi juga dipengaruhi oleh ketebalan bolus. Pada penggunaan bolus 0,5 cm dinilai lebih cocok menggunakan berkas elektron karena memberikan distribusi yang lebih merata pada area kanker karena daya tembus elektron yang tidak sejauh foton sehingga diperoleh dosis maksimal tepat di area kanker, berbeda ketika menggunakan berkas foton. Pada penggunaan berkas foton, tebal bolus yang dinilai lebih baik adalah bolus 1,0 cm dikarenakan daya tembus foton yang jauh lebih besar sehingga diperlukan bolus yang lebih tebal.

Dari beberapa data yang diperoleh pada penelitian ini, penggunaan bolus dengan ketebalan tertentu harus memperhatikan jenis radiasi yang digunakan. Pada kasus kanker yang berada di permukaan kulit dengan diameter/ketebalan yang tidak terlalu besar seperti pada kasus *fibrosarcoma* ini (diameter kanker 2,0 cm) dinilai lebih cocok dengan menggunakan ketebalan bolus 0,5 cm dan berkas elektron energi 15 MeV karena daya tembusnya yang tidak

sebesar foton sehingga lebih memfokuskan radiasi dan memberikan dosis serap yang maksimal pada kanker.

## **KESIMPULAN**

Pada penggunaan bolus, baik pada bolus fisik maupun bolus TPS, distribusi dosis serap yang melingkupi seluruh area kanker dan nilai dosis serap maksimal terdapat pada penggunaan bolus 0,5 cm dan energi elektron 15 MeV. Sehingga untuk kasus *fibrosarcoma* dengan ketebalan 2,0 cm yang berada di permukaan kulit, penggunaan bolus dengan ketebalan 0,5 cm dan berkas elektron 15 MeV dinilai lebih layak untuk memberikan *treatment* yang maksimal.

## **UCAPAN TERIMA KASIH**

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Instalasi Radioterapi RSUD A.W Sjahranie yang telah memberikan bantuan dalam pengambilan data.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Diansyah, Nur. 2018. *Bagian-Bagian Kulit Manusia dan Fungsinya*. Diperoleh dari <https://nurdian.com/bagian-bagian-kulit>.
- [2] Firmansyah, M.A., Juswono, U.P., dan Bunawas. 2014. *Pengukuran Neutron Cepat di Ruang Linac Medik Menggunakan Detektor Jejak Nuklir CR-39*. Jurusan Fisika FMIPA Univ Brawijaya.
- [3] Gadjhar, S.K., Thoke, Bhushan., Rajput, Sumeda., Gadjhar, Shaiq., Chaware, Smita., dan Patil, Vaibhavi. 2019. *Fibrosarcoma of the Oral Cavity: A Case Report*. International Journal of Medical Research & Health Sciences. ISSN 2319-5886. 8(4), 163-166.
- [4] Jauhari, Arif., Pamungkas, D.O.R., dan Dewi, P.W. 2019. *Analisis Hasil Treatment Planning System Teknik Penyinaran 3D Conformal Radiotherapy dengan 2 Variasi 5 Arah Lapangan Radisi yang Berbeda pada Kasus Kanker Prostat di RSUPN dr. Cipto Mangunkusumo*. Visikes Jurnal Kesehatan Masyarakat. ISSN 1412-3746.18(1), 53-59.
- [5] Junaedi, Dodi., Setiawati, Evi., Arifin, Zaenal., dan Ramantisa, Sanggam. 2016. *Analisis Penggunaan Polimethyl Sloxane sebagai Bolus dalam Radioterapi menggunakan Elektron 8 MeV pada Linac*. Youngster Physics Journal. ISSN 2302-7371. 5 (4), 391-398.
- [6] Khan, F.M., dan Gibbons, J.P. 2014. *The Physics of Radiation Therapy* (5th edition). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- [7] Kusumadjadi, Adji., dan Djakaria, H.M. 2015. *Peran Substansi Kimia dalam Memodifikasi Respon Radiasi*. Journal of the Indonesian Radiation Oncology Society. ISSN 2086-9223. 6(1), 11-18.
- [8] Podgorsak, E.B. 2005. *Radiation Oncology Physics: A Handbook for Teachers and Students*. Vienna: International Atomic Energy Agency.
- [9] Purba, M.N. 2018. *Konsistensi Nilai Dosis Serap Bolus Plastisin dengan Energi 9 MeV di Rumah Sakit Pusat Pertamina*. Skripsi Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan: Jakarta.
- [10] Rahayu, I.I., Nurdin, W.B., dan Samad, B.A. 2015. *Analisis Dosis Output Berkas Elektron Pesawat Teleterapi Linear Accelerator (LINAC) Tipe Varian HCX 6540 Menggunakan TRS 398*. Jurusan Fisika FMIPA UNHAS.
- [11] Setiyawan, Iwan., Susanto, Heri., dan Firdausi, K.S. 2015. *Penentuan Nilai Koefisien Serapan Bahan pada Besi, Tembaga, dan Stainless Steel sebagai Bahan Perisai Radiasi*. Youngster Physics Journal. ISSN 2302-7371. 4(2), 219-224.

- [12] Shrivastava, Sandhya., Nayak, S.K., Nayak, Prachi., dan Sahu, Sourabh. 2016. *Fibrosarcoma of Maxila: A Rare Case Report*. Journal of Oral and Maxillofacial Pathology. 20(1).
- [13] Siregar, Y.T., Jauhari, Arif., Samsun., dan Ferry. 2020. *Penggunaan Bluebag sebagai Alat Imobilisasi pada Terapi Radiasi Eksterna Soft Tissue Sarcoma Anterbrachii di Santosa Hospital Bandung Kopo*. Prosiding Seminar Nasional dan Call For Papers Jurusan Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi Poltekkes Kemenkes Jakarta. II ISSN 2746-2129 (media online), 19-28.
- [14] Suharni., Kusminarto., dan Anggraita, Pramudita. 2013. *Analisis Hasil Pengukuran Percentage Depth Dose (PDD) Berkas Elektron Linac Elekta RSUP dr. Sardjito*. Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Teknologi Akselerator dan Aplikasinya. ISSN 1411-1349.Vol 15, 84-88.
- [15] Taxwim, Djoko., Setiawan, Widi., dan Wiyatma, A.B. 2000. *Sistem Kendali Dosis Berbasis Komputer pada Akselerator Linear*. Yogyakarta: P3TM-BATAN.