

**Analisis Distribusi Dosis pada Treatment Planning System Pasien  
Kanker Payudara dengan Sumber Foton 6 MV pada Instalasi  
Radioterapi Rumah Sakit X**

**Bonifasius Kristo Prayoga<sup>1</sup>, Robi Dany Riupassa<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup>Universitas Matana Tangerang

bonifasius.prayoga@student.matanauniversity.ac.id<sup>1</sup>,

robi.riupassa@matanauniversity.ac.id<sup>2</sup>

**ABSTRACT**

*The internship at X Hospital aimed to gain practical experience as a medical physicist over two months, particularly in the treatment planning system activities in the radiotherapy unit. Additionally, this internship aimed to evaluate the Dose Volume Histogram (DVH) and analyze the effectiveness of the isodose lines. The treatment planning system is a simulation of cancer or tumor treatment using radiation with 3D conformal radiotherapy (3D-CRT) techniques. The patient study object was a woman with post-mastectomy breast cancer who was to undergo adjuvant curative therapy. The prescribed dose was 50 Gy, divided into 25 fractions, using a 6 MV photon source. The irradiation was conducted with four fields, gantry angle 129° with collimator angle 270°, 310° with collimator angle 90°, 130° with collimator angle 0°, and 270° with collimator angle 0°, field size 14 x 14 cm, and irradiation distance of 100 cm. The TPS simulation results indicated that the dose received by the Planning Target Volume (PTV) covered more than 90% of the target volume (special treatment), while the dose received by the Organ at Risk (OAR) tended to be below the threshold limit, and the isodose lines ensured optimal radiation dose distribution to the breast cancer target area. This was demonstrated by the DVH curve.*

**Keywords:** TPS, radiotherapy, 3D-CRT, breast cancer

**ABSTRAK**

Kerja magang yang dilakukan di Rumah Sakit X bertujuan untuk memperoleh pengalaman praktis sebagai fisikawan medik selama dua bulan, terutama dalam kegiatan treatment planning system di instalasi radioterapi. Selain itu, kerja magang ini juga bertujuan untuk mengevaluasi Dose Volume Histogram (DVH) dan menganalisis efektivitas garis isodose. Treatment planning system ini merupakan simulasi perawatan kanker atau tumor dengan menggunakan radiasi menggunakan teknik penyinaran 3D conformal radiotherapy (3D-CRT). Objek studi pasien adalah seorang wanita dengan kanker payudara pasca mastektomi yang akan menjalani terapi kuratif ajuvan. Dosis yang diberikan adalah 50 Gy, terbagi dalam 25 fraksi, dengan sumber foton 6 MV. Penyinaran dilakukan dengan empat lapangan, sudut gantry 129° dengan sudut kolimator 270°, 310° dengan sudut kolimator 90°, 130° dengan sudut kolimator 0°, dan 270° dengan sudut kolimator 0°, luas lapangan aplikator 14 x 14 cm, dan jarak penyinaran 100 cm. Hasil simulasi TPS menunjukkan bahwa dosis yang diterima oleh Planning Target Volume (PTV) dapat melingkupi lebih dari 90% (perlakuan khusus) volume target, sementara dosis yang diterima oleh Organ at Risk (OAR) cenderung berada di bawah batas ambang, dan garis isodose dapat memastikan distribusi dosis radiasi yang optimal pada area target kanker payudara. Hal tersebut ditunjukkan oleh kurva DVH.

**Kata kunci:** TPS, radioterapi, 3D-CRT, kanker payudara

## PENDAHULUAN

Perguruan tinggi berperan sebagai tempat bagi mahasiswa untuk memperoleh pengetahuan baik secara teoritis maupun praktis. Namun, manfaatnya dapat dirasakan secara maksimal ketika pengetahuan tersebut diaplikasikan secara langsung. Oleh karena itu, diperlukan kegiatan yang dapat memberikan pengalaman praktis kepada mahasiswa, sekaligus mengembangkan kemampuan berpikir kritis dan menyelesaikan masalah di dunia nyata. Salah satu bentuk kegiatan yang dapat dijalankan adalah praktik kerja lapangan atau magang.

Di Jurusan Fisika, khususnya peminatan Fisika Medis di Universitas Matana, magang menjadi bagian wajib dari kurikulum yang memiliki bobot 6 SKS dan dilakukan selama minimal dua bulan. Melalui magang, mahasiswa dapat mengaplikasikan ilmu teoritis yang telah dipelajari ke dalam dunia pekerjaan nyata. Peminatan Fisika Medis di fakultas tersebut fokus pada penerapan konsep, teori, dan metode fisika dalam bidang kedokteran dan perawatan kesehatan.

Lulusan Fisika Medis memiliki peluang untuk bekerja di rumah sakit, khususnya di instalasi radiologi, yang mencakup radiodiagnostik, radioterapi, dan kedokteran nuklir. Sebagai fisikawan medik, mereka bertanggung jawab untuk mengoptimalkan proteksi radiasi bagi pasien, dengan memastikan bahwa manfaat radiasi lebih besar daripada efek sampingnya. Dalam hal ini, mereka menerapkan pendekatan ilmiah melalui pengukuran, estimasi, dan perhitungan dosis yang diterima pasien serta pekerja medis.

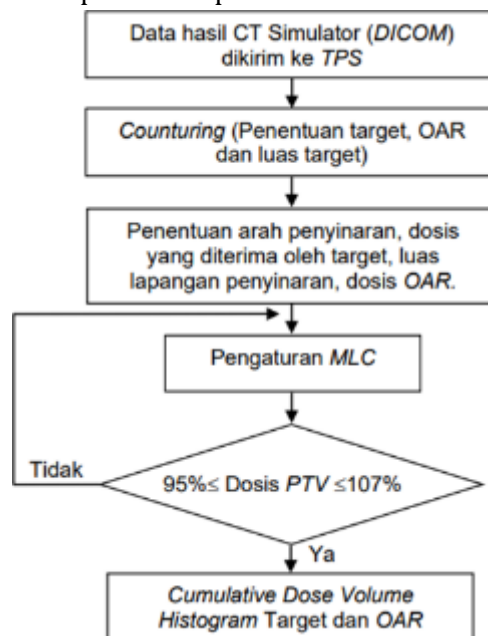
Diharapkan melalui pengalaman magang ini, penulis dapat lebih memahami peran dan tanggung jawab sebagai fisikawan medik di instalasi radioterapi, khususnya dalam merencanakan perawatan untuk pasien. Magang dilakukan berdasarkan minat mahasiswa, terutama pada instalasi radioterapi. Radioterapi merupakan prosedur medis yang menggunakan radiasi untuk mengatasi kanker atau tumor pada manusia, dengan mempertimbangkan jenis kanker yang radiosensitif. Sebagai contoh, tugas fisikawan medik dalam instalasi radioterapi melibatkan Treatment Planning System (TPS), di mana mereka merencanakan perawatan radiasi sesuai dengan kebutuhan pasien menggunakan teknik penyinaran 3D conformal radiotherapy (3D-CRT). Tujuan TPS adalah mengoptimalkan terapi radiasi, memberikan dosis maksimum kepada kanker atau tumor, dengan tetap melindungi organ sehat di sekitarnya dari radiasi. Dalam teknik radioterapi 3D-CRT, ada beberapa aspek atau poin penting yang menjadi acuan dan pertimbangan dalam melakukan *planning*, yaitu garis isodose dan dose volume histogram (DVH). Garis isodose menunjukkan area di mana dosis radiasi tertentu diberikan. Tujuannya adalah menyesuaikan garis isodose agar sejajar dengan kontur tumor dan menjauhi organ-organ sehat. Sedangkan Dose Volume Histogram (DVH) adalah suatu grafik yang menggambarkan distribusi dosis radiasi pada volume tertentu dari jaringan atau organ selama perencanaan radioterapi. Dalam teknik radioterapi 3D-CRT (Three-Dimensional Conformal Radiation Therapy), DVH menjadi alat evaluasi yang penting untuk memastikan dosis radiasi yang diterapkan sesuai dengan rencana perawatan. Maka dari itu, dalam karya tulis ini penulis bermaksud untuk

mengevaluasi Dose Volume Histogram (DVH) dan menganalisis efektivitas garis isodose.

### METODE PENELITIAN

Dalam perencanaan penggunaan radiasi, fisikawan medik memegang peran sentral dalam pembuatan treatment planning. Proses perencanaan ini dilakukan secara terkomputerisasi, yang dikenal sebagai computerized treatment planning system (TPS). Salah satu teknik yang digunakan dalam TPS adalah 3D-CRT atau three-dimensional conformal radiation therapy. Melalui rekonstruksi citra dalam tiga dimensi, informasi tentang posisi dan volume organ dapat diakses, memungkinkan estimasi dosis yang akurat bagi kanker atau tumor, organ sehat, serta organ yang berisiko terpapar radiasi. Pentingnya menentukan volume menjadi krusial saat menentukan dosis penyinaran agar presisi, yang melibatkan volume GTV, CTV, PTV, dan organ yang berisiko (organ at risk).

Diagram alur TPS dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Secara keseluruhan, langkah-langkah dalam melakukan perencanaan di Rumah Sakit X dapat dirinci sebagai berikut:

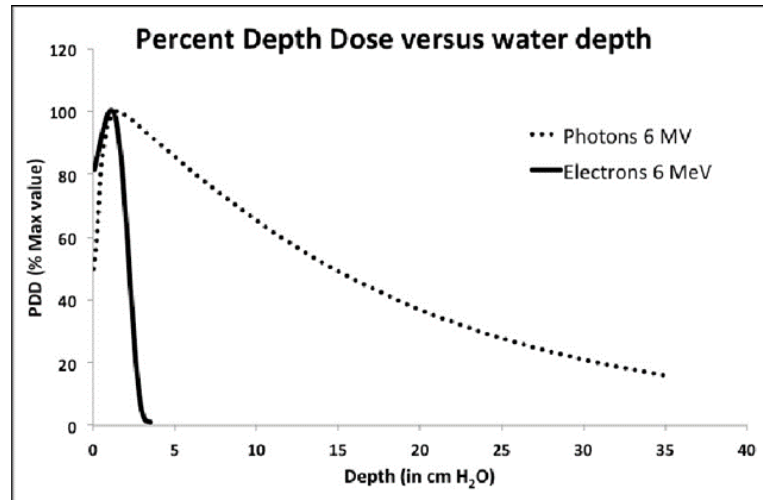
1. Persiapan peralatan yang diperlukan

Peralatan yang digunakan untuk perencanaan radioterapi di Rumah Sakit X mencakup seperangkat *hardware* dan *software* XiO, serta data CT pasien dalam format DICOM yang telah di-contour oleh dokter. Pilihan perangkat lunak dan keras dapat bervariasi di rumah sakit lain, tergantung pada jenis peralatan radioterapi yang digunakan.

2. Penentuan beam

Menetapkan dan menyesuaikan lapangan penyinaran dengan mempertimbangkan jenis sumber radiasi (foton atau elektron) dan energi yang sesuai dengan dosis yang ditentukan oleh dokter. Selanjutnya, menentukan sudut

gantry, jarak dan arah penyinaran, serta penyesuaian posisi meja pasien. Pemilihan jenis sumber, baik foton maupun elektron, ditentukan berdasarkan grafik Percentage Depth Dose (PDD) yang menggambarkan persentase dosis radiasi yang diserap oleh medium seiring dengan kedalaman di dalam medium tersebut. PDD untuk foton dan elektron dapat ditemukan dalam gambar 3.2.



Gambar 3.2. Grafik PDD foton 6 MV dan elektron 6 MeV pada medium air (Sumber: [https://www.researchgate.net/figure/Per-cent-Depth-DosePDD-as-a-function-of-depth-in-water-The-photon-behaviouris\\_fig6\\_224831112](https://www.researchgate.net/figure/Per-cent-Depth-DosePDD-as-a-function-of-depth-in-water-The-photon-behaviouris_fig6_224831112))

Dalam kasus foton, grafiknya menunjukkan peningkatan dosis di permukaan medium, mencapai nilai maksimum ( $D_{max}$ ) saat persentase foton mencapai 100%, dan kemudian menurun secara eksponensial hingga mencapai kedalaman tertentu. Sumber foton sering dipilih jika tumor atau kanker berada dalam posisi yang relatif dalam di dalam tubuh. Di sisi lain, untuk sumber elektron, grafiknya menunjukkan tingginya dosis di permukaan medium, mencapai  $D_{max}$ , dan kemudian menurun secara tajam hingga mencapai kedalaman yang tidak terlalu dalam. Sumber elektron lebih umum digunakan jika tumor atau kanker berada dekat dengan permukaan kulit atau tidak terlalu terletak di dalam tubuh.

3. Penentuan nilai isodose

Memasukkan nilai isodose yang direpresentasikan dengan warna, seperti merah untuk dosis 5000 cGy, hijau untuk 4750 cGy, dan seterusnya sesuai dengan sistem perangkat lunak yang digunakan. Penetapan nilai ini bertujuan untuk visualisasi dosis pada citra CT pasien.

4. Pembobotan dosis setiap lapangan

Jika terdapat lebih dari satu lapangan penyinaran, dilakukan pembobotan dosis pada masing-masing lapangan. Pembobotan ini dapat disesuaikan dengan kebutuhan dosis pada setiap lapangan, berdasarkan posisi dekat atau tidaknya dengan Organ at Risk (OAR) atau kebutuhan khusus lainnya.

5. Penggunaan lapangan aplikator

Jika menggunakan sumber radiasi elektron, dilakukan penggunaan aplikator untuk memfokuskan berkas radiasi pada titik target yang telah ditentukan. Pilihan luas lapangan aplikator dapat bervariasi, misalnya 6 x 6 cm, 10 x 10 cm, 14 x 14 cm, dan 20 x 20 cm.

6. Pengaturan *multileaf collimator (MLC)*

MLC, sebagai perangkat pada radioterapi, digunakan untuk membatasi berkas radiasi dan membantu mengurangi intensitas radiasi pada organ sehat. MLC terdiri dari 40 hingga 120 daun yang dapat diatur untuk menutupi area yang tidak memerlukan radiasi dan memfokuskan berkas pada daerah target tumor atau kanker. Target tumor atau kanker dalam laporan kerja magang merupakan kanker payudara. Menurut Alkabban dan Ferguson (2022), kanker payudara adalah kanker yang paling umum didiagnosis pada wanita, terhitung lebih dari 1 dari 10 diagnosis kanker baru setiap tahunnya. Penyakit ini merupakan penyebab kematian terbanyak kedua akibat kanker pada wanita di dunia. Secara anatomi, payudara mempunyai kelenjar penghasil susu di depan dinding dada. Kelenjar tersebut terletak pada otot pektoralis mayor, dan terdapat ligamen yang menopang payudara dan menempelkannya ke dinding dada. Lima belas hingga 20 lobus tersusun melingkar membentuk payudara. Lemak yang menutupi lobus menentukan ukuran dan bentuk payudara. Setiap lobus dibentuk oleh lobulus yang berisi kelenjar yang bertanggung jawab untuk produksi susu sebagai respons terhadap rangsangan hormon. Kanker payudara selalu berkembang secara diam-diam. Sebagian besar pasien terdeteksi penyakitnya selama pemeriksaan rutin. Kegiatan ini meninjau patofisiologi, presentasi dan diagnosis kanker payudara dan menyoroti peran tim interprofesional dalam pengelolannya. Orang lain mungkin datang dengan benjolan payudara yang ditemukan secara tidak sengaja, perubahan bentuk atau ukuran payudara, atau keluarnya cairan dari puting. Namun, mastalgia tidak jarang terjadi. Pemeriksaan fisik, pencitraan, terutama mamografi, dan biopsi jaringan harus dilakukan untuk mendiagnosis kanker payudara. Tingkat kelangsungan hidup meningkat dengan diagnosis dini. Tumor cenderung menyebar secara limfatik dan hematologi, menyebabkan metastasis jauh dan prognosis buruk. Hal ini menjelaskan dan menekankan pentingnya program skrining kanker payudara.

7. Pertimbangan penggunaan bolus

Bolus, material yang menyerupai kulit manusia, dapat ditempatkan pada permukaan kulit selama terapi radiasi untuk meningkatkan dosis pada kulit jika diperlukan.

8. Analisis grafik DVH

Informasi pembobotan dosis atau distribusinya selama penyinaran ditampilkan dalam bentuk histogram dosis volume (DVH). Kurva DVH memberikan informasi tentang jumlah dosis yang diterima oleh volume tertentu, dan digunakan sebagai alat evaluasi kuantitatif oleh fisikawan medik dan dokter spesialis onkologi.

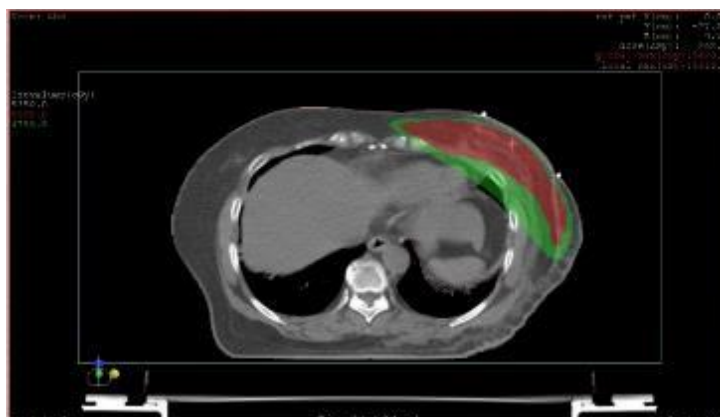
Langkah-langkah tersebut dapat diulangi atau disusun ulang tergantung pada hasil yang dicapai. Sebagai contoh, perencanaan dianggap sesuai jika persentase

dosis relatif yang diterima oleh target sebanding dengan persentase volume target, sesuai dengan pedoman ICRU no. 50 yang menetapkan bahwa persentase dosis pada PTV sebaiknya berkisar antara 95% hingga 107%, dengan dosis 100% berpusat pada PTV. Tetapi ada perlakuan khusus misalnya untuk kasus kanker payudara sinistra misalnya pada kasus serupa yang diangkat oleh penulis dalam laporan kerja magang ini, yakni persentase dosis pada PTV-nya berkisar antara 90% hingga 103%. Hal tersebut dikarenakan posisi target yang cenderung langsung menembak ke OAR berupa heart saat disinari sehingga sangat membahayakan OAR tersebut jika persentase dosis yang diterima terlalu besar. Selain itu, dosis pada OAR harus seminimal mungkin.

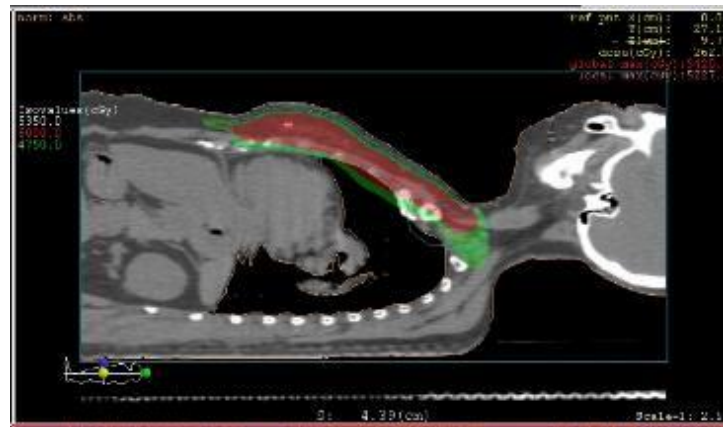
#### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada bagian ini, berdasarkan pengamatan dan judul yang diambil, penulis akan lebih fokus membahas materi mengenai treatment planning system menggunakan teknik 3D-CRT pada seorang pasien yang mengalami kanker payudara di Rumah Sakit X. Sesuai dengan langkah-langkah planning penyinaran yang sudah dijelaskan pada bab sebelumnya, maka hasil yg telah didapat adalah sebagai berikut.

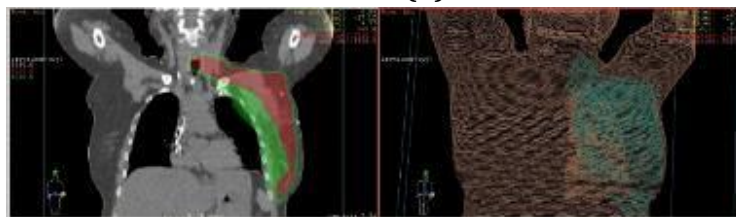
Pasien merupakan seorang wanita yang telah didiagnosis dengan carcinoma mammae sinistra atau kanker payudara sebelah kiri dan telah menjalani mastektomi atau operasi pengangkatan payudara. Dokter merekomendasikan terapi radiasi dengan tujuan kuratif ajuvan, yaitu terapi lanjutan atau booster yang dilaksanakan untuk mencegah kemungkinan kanker muncul setelah operasi, menghentikan pertumbuhan sel kanker, mematikan sisa-sisa sel kanker, dan meredakan gejala seperti nyeri akibat kanker. Pada kasus ini, pasien menjalani tindakan radioterapi untuk membersihkan sisa-sisa sel kanker setelah operasi. Dosis radiasi yang diresepkan oleh dokter spesialis onkologi adalah sebanyak 50 Gy dengan total 25 fraksi, menggunakan energi radiasi foton 6 MV. Selanjutnya, fisikawan medik akan melakukan treatment planning dengan menggunakan informasi tersebut bersama hasil CT simulator yang telah di-contour oleh dokter, seperti yang terlihat pada gambar 4.1.



(a)



(b)



(c)

Gambar 4.1. Simulasi penyinaran dan isovalues simulasi penyinaran (a) arah aksial, (b) arah sagital, dan (c) arah koronal

Gambar 4.1. (a) direpresentasikan dari perspektif aksial, di mana area yang ditebalkan dengan outline berwarna kuning menggambarkan Clinical Target Volume (CTV), biru muda menunjukkan Planning Target Volume (PTV), dan juga ditunjukkan Organ at Risk (OAR) berupa lung sebelah kanan dan kiri, heart, cord, tryroid, esophagus, dan liver. Area Gross Tumor Volume (GTV) pada pasien sudah tidak terlihat karena pasien telah menjalani mastektomi pada seluruh area payudara kiri, yang merupakan area GTV. Wilayah PTV memasuki bagian dari area Organ at Risk (OAR). Proses simulasi penyinaran diawali dengan menentukan lapangan penyinaran dan karakteristik berkas radiasi. Dalam situasi ini, hanya empat lapangan yang digunakan, menggunakan berkas foton dengan energi 6 MV, sudut gantry sebesar  $129^\circ$  dengan sudut kolimator  $270^\circ$ ,  $310^\circ$  dengan sudut kolimator  $90^\circ$ ,  $130^\circ$  dengan sudut kolimator  $0^\circ$ , dan  $270^\circ$  dengan sudut kolimator  $0^\circ$ . Pemilihan sudut kolimator  $90^\circ$  dan  $270^\circ$  dimaksudkan agar lebih memaksimalkan proses pengaturan MLC sehingga dapat menutupi area yang tidak memerlukan radiasi dan memfokuskan berkas pada daerah target tumor atau kanker. Selanjutnya, penulis menentukan lapangan aplikator menjadi  $14 \times 14 \text{ cm}^2$  dan jarak penyinaran diatur menjadi 100 cm untuk memastikan seluruh PTV dapat tertutup, sebagaimana terlihat pada gambar 4.2 dan 4.3.

	Beam Number 1	Beam Number 2
Description	129 COL 270	310 COL 90
Machine ID	Synergy06X	Synergy06X
Collimator	Asym	Asym
Setup/Dist (cm)	SAD/100.0	SAD/100.0
SSD/Wt Isoan SSD (cm)	89.2/81.5	89.9/82.7
Field Size at Isocenter		
Field Size (cm)	X1/X2 13.7/14.4	X1/X2 14.2/14.5
Field Size (cm)	Y2/Y1 8.9/8.0	Y2/Y1 9.6/8.1
Coll. Eq. Square (cm)	21.11	21.89
Blk. Eq. Square (cm)	9.75	9.15
Gantry/Coll angle (deg)	130.0/270.0	310.0/90.0
Couch (deg)	0.0	3.0
Isocenter/Beam entry	Iso	Iso
X, Y, Z (cm)	9.43/-30.25/11.28	9.43/-30.25/11.28
Tx aids:		
Wedge ID/Orient	MotORIZED/Beam-Out	MotORIZED/Beam-Out
WF/norm	0.221/wedged	3.219/wedged
Variable Wedge Angle(deg)	13	10
Port	MLC	MLC
MLC Modulation Factor	---	---
Port/MLC normalization	Blocked	Blocked
Calc algorithm	Superposition	Superposition
Weight (cGy)/No. fractions	1850.0/25	1850.0/25
MotORIZED (open/wdg)	1392.2/ 157.8	1461.7/ 188.3
X, Y, Z (cm)	11.05/-28.25/13.24	11.05/-26.25/13.24
Defined at	Arb.point	Arb.point
Depth: skin (cm)	8.4	7.3
Effective: skin (cm)	7.9	6.9
TAR/TPR/PDD	TPRxPSCF/PSCF(0) (blk)	TPRxPSCF/PSCF(0) (blk)
At depth	1.513	1.567
At effective	1.541	1.800
PSCF(0)/PSCF(eff)	0.700/1.066	0.700/1.070
Dose Output	0.742(cGy/MU)	0.744(cGy/MU)
SCD/SWD (cm)	110.0/100.0	110.0/100.0
Ref. Depth or Dmax(cm)	10.0	10.0
Tray Factor (composite)	1.000	1.000
Frac MU/time (open/wdg)	0.681/0.338	3.658/0.341
Min or MU(open/wdg)	61.37/31.45 (MU)	70.48/36.50 (MU)
Integer MU(open/wdg)	61/31	70/37

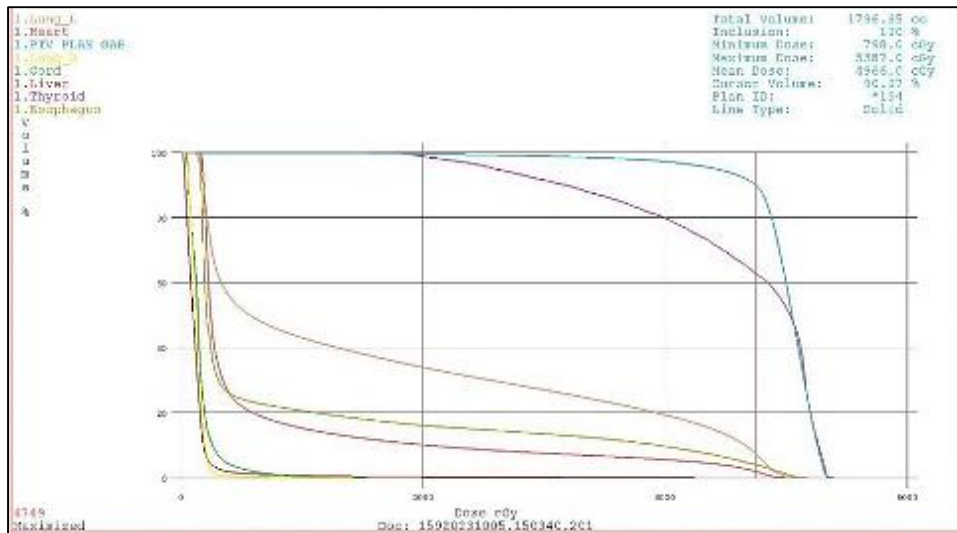
  

Beam Number 3		Beam Number 4
130	Description	310
Synergy06X	Machine ID	Synergy06X
Asym	Collimator	Asym
SAD/100.0	Setup/Dist (cm)	SAD/100.0
89.2/89.4	SSD/Wt Isoan SSD (cm)	89.9/89.9
	Field Size at Isocenter	
X1/X2 7.3/8.8	Field Size (cm)	X1/X2 8.2/7.4
Y2/Y1 13.2/13.8	Field Size (cm)	Y2/Y1 14.1/13.7
20.17	Coll. Eq. Square (cm)	20.79
8.75	Blk. Eq. Square (cm)	7.23
130.0/0.0	Gantry/Coll angle (deg)	310.0/0.0
0.0	Couch (deg)	0.0
Iso	Isocenter/Beam entry	Iso
9.43/-30.25/11.28	X, Y, Z (cm)	9.43/-30.25/11.28
---/---	Tx aids:	---/---
---/---	Wedge ID/Orient	---/---
---	WF/norm	---/---
---	Variable Wedge Angle(deg)	---
SegMLC(3)	Port	SegMLC(3)
0.975	MLC Modulation Factor	0.973
blocked	Port/MLC normalization	Blocked
Superposition	Calc algorithm	Superposition
800.0/25	Weight (cGy)/No. fractions	1850.0/25
---/---	MotORIZED (open/wdg)	---
9.43/-30.25/11.28	X, Y, Z (cm)	9.43/-30.25/11.28
Arb.point	Defined at	Arb.point
10.6	Depth: skin (cm)	10.1
10.1	Effective: skin (cm)	7.9
TPRxPSCF/PSCF(0) (blk)	TAR/TPR/PDD	TPRxPSCF/PSCF(0) (blk)
1.361	At depth	1.364
1.398	At effective	1.463
0.700/1.062	PSCF(0)/PSCF(eff)	0.700/1.065
0.738(cGy/MU)	Dose Output	0.740(cGy/MU)
110.0/100.0	SCD/SWD (cm)	110.0/100.0
10.0	Ref. Depth or Dmax(cm)	10.0
1.000	Tray Factor (composite)	1.000
---/---	Frac MU/time (open/wdg)	---
39.86/--- (MU)	Min or MU(open/wdg)	39.33/--- (MU)
40/---	Integer MU(open/wdg)	39/---

Gambar 4.2. Parameter sumber foton dan energi 6 MV, besar sudut gantry, lapangan aplikator, dan jarak penyinaran

Hasil dari simulasi tersebut dapat dilihat pada gambar 4.1. Temuan tersebut menunjukkan bahwa organ at risk (OAR) yaitu lung sebelah kiri, heart, thyroid, dan esophagus menerima dosis dalam rentang warna kuning sampai merah, mencapai nilai antara 262,8 hingga 5000 cGy, menandakan bahwa dosis yang diterima oleh lung sebelah kiri, heart, thyroid, dan esophagus sebagai OAR melebihi batas dosis ambang. Sebagai solusi, dilakukan segmentasi dengan menutup MLC pada lapangan penyinaran yang arah penyinarannya langsung menembak ke OAR. Sedangkan untuk

OAR lain seperti cord dan liver menerima dosis dalam rentang kuning sampai hijau, mencapai nilai antara 262,8 hingga 4750 cGy, menandakan bahwa dosis yang diterima oleh cord dan liver sebagai OAR tidak melebihi batas dosis ambang (aman).



Gambar 4.3. Dose Volume Histogram plan 3D-CRT

Contour description	Contour Information Electron Density	Volume (cc)
patient	1.00	25367.17
tumor	1.00	---
CTV IMN	1.00	4.36
CTV boost ax1	1.00	62.36
target vol. 3	1.00	---
target vol. 4	1.00	---
target vol. 5	1.00	---
5350.00cGy	1.00	296.66
5350.00cGy_1	1.00	169.27
5350.00cGy_2	1.00	120.83
5350.00cGy_3	1.00	86.50
5350.00cGy_4	1.00	317.75
5350.00cGy_5	1.00	103.60
5350.00cGy_6	1.00	219.43
5350.00cGy_7	1.00	122.67
5350.00cGy_8	1.00	46.22
5350.00cGy_9	1.00	43.55
6420.00cGy	1.00	64.62
Breast R	1.00	968.89
Breastcont	1.00	---
CTV WB+Ax1	1.00	---
CTV WB+Ax11-4	1.00	1478.08
CTV boost	1.00	308.59
Cord	1.00	48.83
Esophagus	1.00	23.01
Heart	1.00	526.67
Liver	1.00	1647.03
Lung_L	1.00	855.15
Lung_R	1.00	1103.04
PTV AX1 + 1CM	1.00	315.35
PTV BOOST GAB	1.00	579.71
PTV Boost Ax1	1.00	123.30
PTV Boost Tm	1.00	443.61
PTV GAB BOOST	1.00	1073.36
PTV Gab	1.00	1942.39
PTV IMN	1.00	25.80
PTV PLAN GAB	1.00	1798.09
PTV TM + 1 CM	1.00	740.00
PTV WB+Ax11-4	1.00	1887.00
Thyroid	1.00	7.67
Tumorbed	1.00	29.60

(a)

Markers Location					
No:	Marker description	X(cm)	Y(cm)	Z(cm)	
1	ORIGIN	0.66	-32.75	8.01	
2	ISOCENTER	9.43	-30.25	11.28	
3	WP	11.02	-28.25	13.27	
4	WP2	11.05	-28.25	13.24	

Interest Point Totals					
Norm. Type:	Normalization dose (cGy):				
No:	Point description	X(cm)	Y(cm)	Z(cm)	Total dose (cGy)
					Norm. dose (%)

MFR/Model ID: DICOM3  
 Manufacturer: GE MEDICAL SYSTEMS      Model: Discovery STE  
 CT-to-ED file ID: PETCT2020

Calculation Information	
Calculation mode:	Volume
Heterogeneity:	Pixel
Size:	
Width (cm)	49.00
Height (cm)	24.50
Depth (cm)	49.50
Center:	
X (cm)	0.05
Z (cm)	9.77
Y (cm)	-27.12
Number of points along:	
Width	99
Height	50
Depth	100
Distance between points:	
Width (cm)	0.5000
Height (cm)	0.5000
Depth (cm)	0.5000

**(b)**

Gambar 4.4. Isodose plan 3D-CRT (a) volume kontur dan densitas elektronnya, dan (b) lokasi marker dan informasi kalkulasi kontur CTV

Evaluasi melalui kurva Dose Volume Histogram (DVH) pada gambar 4.4. menampilkan dosis aktual yang diterima oleh OAR yaitu lung sebelah kiri sebesar 678 cGy, berada di bawah batas dosis lung sebelah kiri yang ditetapkan sebesar 680 cGy, melingkupi volume 840,72 cc. Sedangkan dosis aktual yang diterima oleh OAR yaitu heart sebesar 216,25 cGy, berada di bawah batas dosis heart yang ditetapkan sebesar 250 cGy, melingkupi volume 525,48 cc. Lalu untuk dosis aktual yang diterima oleh OAR yang lainnya seperti cord, liver, thyroid, dan esophagus masih berada di bawah batas dosis cord, liver, thyroid, dan esophagus, melingkupi volume 48,75 cc, 1646,66 cc, 7,73 cc, dan 23 cc. Sementara itu, CTV dan PTV akan menerima dosis masing-masing sebesar 5000 cGy, dengan volume melingkupi 1478,08 cc dan 1796,65 cc. Lalu untuk evaluasi efektivitas garis isodose yang mencakup perbandingan antara garis isodose yang direncanakan dengan seberapa baik dosis radiasi sesuai dengan target yang diinginkan dijelaskan sebagai berikut. Pada PTV, dosis yang terdistribusikan pada plan yang dilihat dari hasil simulasi (kurva DVH) sebesar 1796,65 cc yang besarnya mendekati volume isodose yang telah ditetapkan sebelumnya sebesar 1798,09 cc. Lalu pada dosis lung sebelah kiri terdistribusi pada volume sebesar 840,72 cc yang nilainya lebih kecil dari batas maksimal dosis yang harusnya terdistribusikan, yakni sebesar 855,15 cc. Kemudian pada dosis heart terdistribusi pada volume sebesar 525,48 cc yang nilainya masih lebih kecil juga dari batas maksimal dosis yang harusnya terdistribusikan, yakni sebesar 526,67 cc. Jadi berdasarkan distribusi dosis yang ditampilkan pada kurva DVH, dapat dinilai bahwa garis isodose dapat memastikan distribusi dosis radiasi yang optimal pada area target kanker payudara, karena besarnya dosis yang terlihat pada OAR dan target di kurva

DVH mendekati atau tidak melebihi nilai garis isodose yang telah ditetapkan sebelumnya.

Keseluruhan, hasil dari Treatment Planning System (TPS) ini berhasil merencanakan terapi radiasi lanjutan untuk kanker payudara pasca operasi, dengan prediksi dosis yang diterima oleh PTV mencapai lebih dari 90% dari volume target, dan dosis yang diterima oleh OAR berupa lung sebelah kiri, heart, thyroid, esophagus, cord, dan liver tetap berada di bawah batas ambang untuk meminimalkan dampak pada jaringan sehat.

#### **KESIMPULAN DAN SARAN**

Dari hasil dan analisis yang telah dijelaskan pada bagian sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa salah satu peran fisikawan medik di instalasi radioterapi adalah merencanakan penyinaran untuk pasien kanker. Simulasi TPS yang dilakukan berhasil mengumpulkan data untuk perencanaan penyinaran pasien kanker payudara, memastikan bahwa dosis yang diberikan sesuai dengan standar yang ditetapkan baik untuk target kanker maupun organ risiko (OAR) tanpa melampaui batas yang diizinkan. Secara khusus, kesimpulan yang dapat ditarik penulis adalah sebagai berikut.

1. Berdasarkan kurva Dose Volume Histogram (DVH), dosis aktual yang diterima oleh lung sebelah kiri, heart, thyroid, esophagus, cord, dan liver sebagai OAR cenderung masih berada di bawah batas dosis OAR yang ditetapkan. Sementara itu, prediksi dosis yang diterima oleh PTV mencapai lebih dari 90% (perlakuan khusus untuk kasus kanker mammae sinistra) dari volume target.
2. Berdasarkan distribusi dosis yang ditampilkan pada kurva DVH, dapat dinilai bahwa garis isodose dapat memastikan distribusi dosis radiasi yang optimal pada area target kanker payudara.

Melalui uraian seluruh kegiatan magang, dapat diambil pengertian bahwa pengalaman yang diperoleh dari kegiatan magang memberikan wawasan dan pembelajaran kepada penulis terkait tugas dan tanggung jawab fisikawan medik di Rumah Sakit X. Pengalaman praktis ini di rumah sakit sebagai fisikawan medik juga memberikan pemahaman yang aplikatif. Dengan demikian, pelaksanaan kegiatan magang ini telah berhasil mencapai tujuan yang telah ditetapkan bagi penulis.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Alkabban, Fadi., & Ferguson, Troy. (2022). Breast Cancer. National Library of Medicine: StatPearls Publishing.
- Anonim. (2013). Gading Pluit Hospital: Sejarah dan Visi Misi. <https://gadingpluit-hospital.com/ind/content/SejarahVisi-Misi>, diakses pada 5 Desember 2023 pukul 11.35 WIB.
- Brancaccio, Rosa. (2012). Intra-Operative Radiotherapy with Electron Beam. [https://www.researchgate.net/figure/Per-cent-Depth-Dose-PDD-as-afunction-of-depth-in-water-The-photon-behaviour-is\\_fig6\\_224831112](https://www.researchgate.net/figure/Per-cent-Depth-Dose-PDD-as-afunction-of-depth-in-water-The-photon-behaviour-is_fig6_224831112), diakses pada 7 Desember 2023 pukul 13.07 WIB.
- Brandner, Edward., dkk. (2017). Motion Management Strategies and Technical Issues Associated with Stereotactic Body Radiotherapy of Thoracic and Upper Abdominal Tumors: A Review from NRG Oncology. *Medical Physics*, pp 2595-2612. doi: 10.1002/mp.12227.
- E. B. Podgorsak. (2005). *Radiation Oncology Physics: A Handbook for Teachers and Students*. Vienna: International Atomic Energy Agency.
- Hiswara, Edi. (2015). *Buku Pintar Proteksi dan Keselamatan Radiasi di Rumah Sakit*. Batan Press.
- University of Virginia. (2023). Linear Accelerator Treatments. (diunduh dari <https://med.virginia.edu/radiation-oncology/about/advanced-technologies/linear-accelerator-treatments/> pada tanggal 22 Mei, pukul 15.13 WIB).
- Wirawan, Rahadi. (2020). Treatment Planning System (TPS) Kanker Payudara Menggunakan Teknik 3DCRT, 6(1).
- Zhu, Timothy., & Wang, Ken. (2013). Linear Accelerators (LINAC). *Encyclopedia of Radiation Oncology*, pp 437-450. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-85516-3\\_37](https://doi.org/10.1007/978-3-540-85516-3_37).