

ANALISIS DOSIS RADIASI PARU PADA PASIEN RADIOTERAPI KANKER PAYUDARA DENGAN TEKNIK 3D-CRT BERDASARKAN GRAFIK DVH

Dhea Mirza^{1*}, I Putu Eka Juliantarai², Cory Amelia³

¹⁻³Akademi Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi Bali, Indonesia

[*Email korespondensi: dheamirza18@gmail.com]

Abstract: Analysis of Lung Radiation Dose in Breast Cancer Radiotherapy Patients with 3D-CRT Technique Based on DVH Chart. Breast cancer is leading cause of cancer death after lung cancer. Radiotherapy can cause cell damage in lungs that leads to pneumonitis and decreased lung function so that lung dose control for breast cancer patients is important. PTV radiation dose is controlled in ICRU report 62, and the acceptable dose tolerance limit for lung is controlled in QUANTEC. This study is a quantitative analysis study with an observational descriptive approach, namely analyzing data systematically and looking at the suitability of radiation doses based on ICRU report 62 and QUANTEC. Of the 10 samples studied, 70% received PTV radiation doses of 95%-107%, and 30% received PTV radiation doses above 107%. 10% of the samples, less than 30% of their lung volume received a dose of 2000 cGy. The remaining 90%, more than 30% of their lung volume received dose of 2000 cGy and overall mean dose of patients was less than 2700 cGy. 70% of the samples received the optimal dose and met the requirements of ICRU Report 62, the remaining 30% exceeded the limit. 10% of the samples met the requirements of QUANTEC V20<30%, the remaining 90% did not meet the requirements but 100% Dmean dose of less than 2700 cGy.

Keywords: ICRU 62; Pulmonary; QUANTEC; Radiation Dose

Abstrak: Analisis Dosis Radiasi Paru Pada Pasien Radioterapi Kanker Payudara Dengan Teknik 3D-CRT Berdasarkan Grafik DVH. Kanker payudara merupakan penyebab utama kematian akibat kanker setelah kanker paru. Radiasi dapat menyebabkan kerusakan sel di paru-paru yang berujung pada pneumonitis dan penurunan fungsi paru sehingga pengendalian dosis paru pasien kanker payudara penting dilakukan. Dalam hal itu dosis radiasi PTV dikontrol dalam ketentuan ICRU *report* 62, dan batas toleransi dosis yang dapat diterima paru dikontrol dalam ketentuan QUANTEC V20 <30% dan Dmean <2700 cGy. Penelitian ini merupakan penelitian analisis kuantitatif dengan pendekatan deskriptif observasional yaitu menganalisis data secara sistematis dan melihat kesesuaian dosis radiasinya berdasarkan ketentuan ICRU *report* 62 dan QUANTEC. Dari 10 sampel yang diteliti, 70% menerima dosis radiasi PTV sebesar 95%-107%, dan 30% menerima dosis radiasi PTV diatas 107%. Sebanyak 10% sampel, kurang dari 30% volume parunya menerima dosis 2000 cGy. Sisanya 90%, lebih dari 30% volume parunya mendapatkan dosis 2000 cGy. Dan mean dose keseluruhan pasien kurang dari 2700 cGy. 70% sampel mendapat dosis optimal dan memenuhi ketentuan ICRU *Report* 62, sisanya 30% melebihi batas ketentuan. 10% sampel memenuhi ketentuan QUANTEC V20<30%. Sedangkan sisanya 90% tidak memenuhi V20<30% dan 100% sampel mendapat dosis Dmean kurang dari 2700 cGy.

Kata Kunci : Dosis Radiasi, ICRU 62; Paru; QUANTEC;

PENDAHULUAN

Kanker merupakan salah satu penyebab kematian di seluruh dunia (Setyawan & Djakaria, n.d.). Menurut data WHO pada tahun 2018 terdapat 9,6 juta kematian yang diakibatkan oleh kanker (Puspitasari et al., 2020). Kanker payudara adalah jenis kanker yang dimulai di payudara ditandai dengan sel payudara yang tumbuh diluar kendali (American Cancer Society, 2021). Kanker payudara di Amerika Serikat merupakan jenis kanker yang paling banyak di diagnosis di kalangan wanita yaitu mencapai 276.480 kasus baru kanker payudara pada tahun 2020 dan merupakan penyebab utama kematian akibat kanker setelah kanker paru-paru (Zhu & Doğan, 2021). Hal serupa juga terjadi di Indonesia, kanker payudara menjadi penyebab utama kematian akibat kanker dan menempati urutan pertama jumlah kanker terbanyak di kalangan wanita yaitu mencapai 68.858 kasus berdasarkan data Globocan tahun 2020 (Kementrian Kesehatan Republik Indonesia, 2022). Payudara adalah struktur *superficial* yang paling menonjol di dinding *toraks anterior*, terutama pada wanita. Payudara terdiri dari kelenjar, pembuluh darah, limfatik, dan saraf (Moore et al., 2018).

Pengobatan kanker payudara memerlukan pendekatan multidisiplin yang menggabungkan radioterapi dan pembedahan. Perpaduan prosedur medis dan radioterapi harus dimungkinkan untuk pengobatan kanker payudara, kombinasi ini dapat dimungkinkan dalam tiga cara, yaitu radiasi pra-operasi, radiasi pasca operasi dan radiasi intraoperatif. Radiasi pasca operasi, seperti radiasi pasca mastektomi, bertujuan untuk membunuh dan mengangkat sel kanker yang tersisa di area operasi atau di kelenjar getah bening yang mengelilinginya, menjadikannya pendekatan yang paling umum (Susworo, 2017).

Dengan memanfaatkan radiasi pengion seperti sinar gamma, sinar-x, atau elektron berenergi tinggi, radioterapi merupakan salah satu bentuk

terapi penyinaran yang dilakukan pada pasien kanker. (Pachlevi T. et al., 2018). Metode radioterapi ada dua, yaitu brakhiterapi dan teleterapi. Pemberian radiasi dengan sumber radiasi terletak pada jarak tertentu dari tubuh pasien dikenal dengan radioterapi eksternal atau teleterapi. Hal ini memungkinkan radiasi menjangkau area yang luas, termasuk target tumor itu sendiri dan kelenjar getah bening yang mengelilinginya. Teleterapi pada umumnya dilakukan dengan menggunakan pesawat terapi *Linear Accelerator* (LINAC) yang menggunakan sumber sinar-X megavoltage (Susworo, 2017).

Agar dapat dihasilkan berkas foton dan elektron, alat yang dikenal dengan nama LINAC ini dibuat untuk mempercepat pergerakan elektron secara linear. Elektron berenergi tinggi ini dapat diterapkan pada target untuk menghasilkan berkas foton yang digunakan untuk menyinari kanker pada kedalaman tertentu, seperti kanker payudara, serviks, dan nasofaring, dengan energi 8 hingga 10 MV. Elektron ini juga dapat dimanfaatkan untuk pengobatan kanker pada kedalaman yang dangkal atau pada permukaan kulit, seperti kanker kulit dan menggunakan energi 4 hingga 18 MeV (Puspitasari et al., 2020).

Teknik 3D-CRT merupakan salah satu metode iradiasi yang digunakan dalam pengobatan radioterapi eksternal. Untuk dapat menyesuaikan dengan bentuk tumor, teknik 3D-CRT mengaplikasikan lapangan radiasi yang konformal sesuai target dan intensitas radiasi yang homogen, berbeda dengan IMRT yang intensitas keluarannya di modulasi pada setiap arah penyinaran (Febietri et al., 2020).

Tujuan perencanaan pengobatan sinar radioterapi eksterna adalah untuk menghasilkan distribusi dosis pada pasien yang akan menghancurkan tumor sambil menyelamatkan jaringan sehat sebanyak mungkin. Peran perencanaan biasanya dilakukan oleh radiografer, fisikawan, atau radiolog dengan keahlian

dalam menghasilkan rencana yang optimal (Symonds et al., 2012). Lokasi, ukuran, dan luasnya kanker semuanya berperan dalam berhasil atau tidaknya pengobatan. Sistem perencanaan iradiasi dari *Treatment Planning System* (TPS) terkena dampak dari hal ini. Kontur organ digunakan dalam perencanaan TPS untuk menentukan target iradiasi. Setelah itu, *beam's eye view display* (BEV) disesuaikan, distribusi dosis target ditentukan, dan dibuat kurva DVH untuk menunjukkan informasi sebaran dosis radiasi pada target iradiasi.

Pada TPS terdapat dua target iradiasi, antara lain *Organs at Risk* (OAR) atau jaringan sehat di sekeliling kanker yang dapat terpapar radiasi, dan *Planning Target Volume* (PTV) yaitu target utama kanker. Radiasi pengion yang tinggi juga dapat merusak OAR, yang meliputi paru-paru dan jantung pada pasien kanker payudara. (Febrietri et al., 2020).

Pengaturan dosis PTV terkait dengan asas optimasi yaitu porsi dosis yang diberikan ke target harus dirampingkan, untuk itu dosis radiasi PTV dikontrol dalam ketentuan ICRU 62, yang mengatur dosis PTV optimal pada 95-107%. Sedangkan dosis dibuat seminimal mungkin untuk mencapai organ sehat, hal ini terkait dengan prinsip limitasi. QUANTEC merupakan sebuah acuan yang dibuat oleh persatuan onkologi radiasi internasional, didalamnya memuat ketentuan batas dosis yang dapat diterima oleh organ sehat. QUANTEC menetapkan dosis toleransi organ paru pada pasien kanker payudara yaitu $V_{20} < 30\%$, dan itu berarti hanya 30% volume paru yang boleh terpapar radiasi sebesar 2 Gy. (Febrietri et al., 2020).

Menurut Setyawan dan Djakaria (2014), radiasi menyebabkan kerusakan sel di paru-paru yang berujung pada pneumonitis dan penurunan fungsi paru. Maka dari itu pengendalian dosis pada paru-paru pasien kanker payudara sangat penting. (Setyawan & Djakaria, n.d.). Hasil penelitian yang dilakukan

oleh Wennstig (2021), menyatakan bahwa Radioterapi adjuvan untuk kanker payudara meningkatkan risiko kanker paru-paru akibat radiasi di kemudian hari.

Wanita dengan kanker payudara yang menerima radioterapi berisiko tinggi mengalami kanker paru-paru daripada wanita tanpa riwayat kanker payudara (Wennstig et al., 2021). Dari prevalensi kanker di Indonesia, angka kanker payudara cukup tinggi dan selalu menjadi urutan pertama penyebab kematian akibat kanker sehingga penelitian tentang optimalisasi dosis radioterapi kanker payudara ini sangat penting sekali.

METODE

Jenis penelitian ini adalah penelitian analisis kuantitatif dengan pendekatan deskriptif observasional yaitu menganalisis data secara sistematis. Sampel yang digunakan pada penelitian ini sebanyak 10 sampel pasien kanker payudara *post mastektomi* menggunakan teknik 3D-CRT dengan total dosis 50 Gy melalui grafik DVH. Data pada penelitian ini akan dikumpulkan melalui kegiatan observasi dan pengukuran langsung nilai dosis paru pada grafik DVH sebagai output dari TPS. Dari data tersebut akan dilihat distribusi frekuensi yang menunjukkan nilai setiap variabel yang dinyatakan sebagai angka dan persentase dari total kasus. Hasil analisis disajikan dalam bentuk tabel.

Pada TPS akan diperoleh koordinat DVH untuk terget (PTV) dan OAR. Untuk penelitian ini peneliti mengambil data dosis gabungan antara PTV *chest* dan PTV *supraclavicular* (PTV gabungan) untuk dianalisis. Dosis PTV akan di analisis antara data dengan ketentuan ICRU 62 dalam rentang 95%-107%. Selain itu OAR dianalisis berdasarkan ketentuan QUANTEC $V_{20} < 30\%$ dan $D_{mean} < 2700$ cGy. Penelitian ini dilaksanakan pada Bulan Juni sampai Juli 2023 di Unit Radioterapi Instalasi Radiologi Rumah Sakit Umum Pusat Dr. Hasan Sadikin Bandung.

HASIL

Berdasarkan tabel 1, sampel dengan indikasi *ca mammae dextra* berjumlah 6 sampel dengan persentase 60% yaitu sampel 2, 4, 5, 6, 7 dan 9,

sedangkan sampel dengan indikasi *ca mammae sinistra* berjumlah 4 sampel dengan persentase 40% yaitu sampel 1, 3, 8 dan 10.

Tabel 1. Profil Sampel Berdasarkan Indikasi

Indikasi	Jumlah	Persentase (%)
Dextra	6	60
Sinistra	4	40

Berdasarkan tabel 2, dari 10 sampel diteliti, nilai PTV pada sampel yang menerima dosis radiasi optimal (95%-107%) dan memenuhi ketentuan ICRU Report 62 berjumlah 7 sampel

dengan persentase 70% (sampel 2, 3, 4, 5, 7, 8 dan 9). Sedangkan terdapat 3 sampel yang melebihi batas ketentuan ICRU Report 62 (>107%) dengan persentase 30% (sampel 1, 6 dan 10).

Tabel 2. Dosis Radiasi PTV Sampel

Dosis PTV	Jumlah / Frekuensi	Persentase (%)
Kurang optimal (<95%)	0	0
Optimal (95% - 107%)	7	70
Melebihi batas (>107%)	3	30
Total	10	100

Berdasarkan tabel 3 diketahui bahwa seluruh sampel mendapatkan dosis optimal diatas 95% dengan persentase 100%. Tidak ada sampel

yang mendapatkan dosis dibawah 95%. Hal itu sesuai dengan ketentuan ICRU 62.

Tabel 3. Hasil SPSS Ketentuan ICRU 62 (95%)

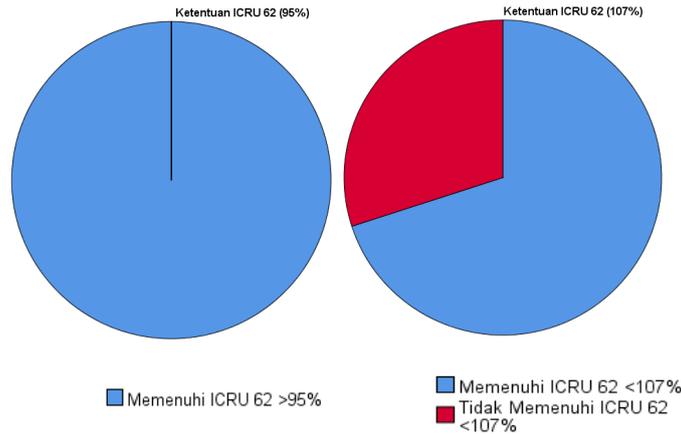
	Frekuensi	Persen	Valid Persen
Valid Memenuhi ICRU 62 >95%	10	100.0	100.0

Berdasarkan tabel 4 diketahui bahwa terdapat 7 sampel yang mendapat dosis optimal kurang dari 107% dengan persentase 70%, dan 3

sampel yang mendapatkan dosis melebihi ketentuan ICRU 62 yaitu lebih dari 107% dengan persentase 30% (sampel 1, 6 dan 10).

Tabel 4. Hasil SPSS Ketentuan ICRU 62 (107%)

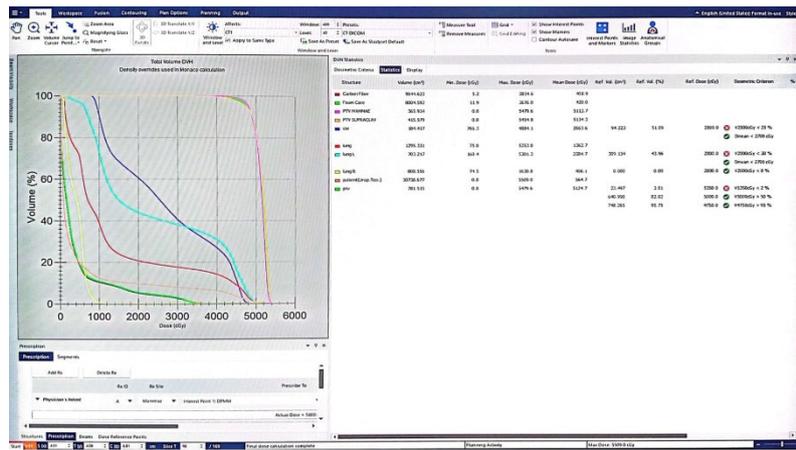
	Frekuensi	Persentase	Valid Persentase
Valid Memenuhi ICRU 62 <107%	7	70.0	70.0
Valid Tidak Memenuhi ICRU 62 <107%	3	30.0	30.0
Total	10	100.0	100.0



Gambar 1. Diagram Lingkaran Dosis Radiasi PTV sampel kanker payudara

Pada Gambar 2, dapat dilihat grafik DVH sampel 1. 95% (4750 cGy) dosis PTV gabungan mengenai 95,75% volume PTV, hal itu memenuhi ketentuan ICRU 62 yaitu 95% dosis harus mengenai >95% volume PTV. Sedangkan 107%

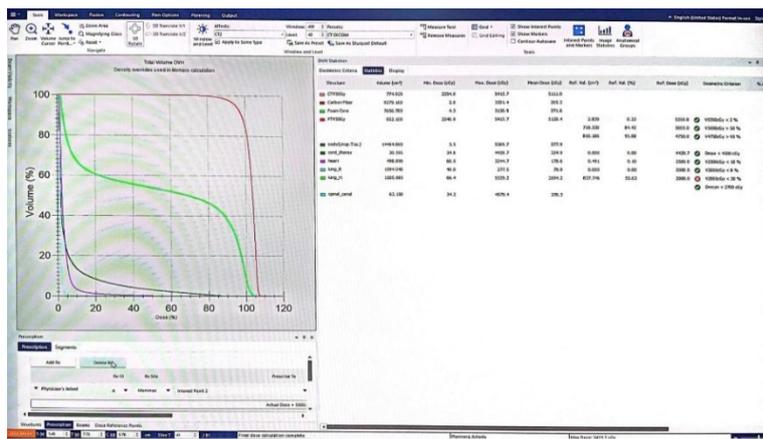
(5350 cGy) dosis PTV gabungan mengenai 3.01% volume PTV, hal itu melebihi ketentuan ICRU 62 yang menetapkan <2% volume PTV yang diperbolehkan menerima dosis 107% atau 5350 cGy.



Gambar 2. Contoh Grafik DVH sampel 1

Pada Gambar 3 dapat dilihat grafik DVH sampel 5 yaitu 3. 95% (4750 cGy) dosis PTV gabungan mengenai 95,08% volume PTV dan 107% (5350 cGy) dosis PTV gabungan mengenai 0.33% volume

PTV, hal itu memenuhi ketentuan ICRU 62 yaitu 95% dosis harus mengenai >95% volume PTV dan <2% volume PTV yang diperbolehkan menerima dosis 107% atau 5350 cGy.



Gambar 3. Contoh Grafik DVH sampel 5

Dari tabel 5 dapat dilihat distribusi dosis paru pada sampel. Rata-rata dosis minimal yang diterima oleh paru adalah sebesar 138.780 cGy, rata-rata dosis maksimal sebesar 5308.580 cGy, untuk dosis rata-ratanya (Dmean) sebesar 2288.710 cGy, dan rata-rata volume

paru yang mendapat dosis 2 Gy (2000 cGy) sebesar 45.1540 %. Sehingga berdasarkan rata-rata, dosis yang diterima paru tidak memenuhi ketentuan QUANTEC V20<30% tetapi memenuhi ketentuan QUANTEC untuk Dmean<2700 cGy.

Tabel 5. Distribusi Frekuensi Dosis Paru Sampel

	Dosis (cGy)			Volum (%)
	Minimal	Maksimal	Rata-rata	Ref. 2Gy
Rata-rata	138.780	5308.580	2288.710	45.1540
Median	86.500	5326.800	2368.450	45.6600
Std. Deviasi	115.9771	111.5331	350.0914	8.92081
Variasi	13450.680	12439.628	122564.012	79.581
Rentang	308.7	407.6	1247.4	33.37
Minimum	55.1	5008.2	1446.8	22.26
Maksimum	363.8	5415.8	2694.2	55.63

Tabel 6, menunjukkan bahwa hanya satu sampel dengan persentase 10% yang kurang dari 30% volume parunya menerima dosis 2000 cGy dan memenuhi ketentuan QUANTEC V20<30% (sampel 2). Sedangkan sisanya (9 sampel) dengan persentase 90% tidak memenuhi ketentuan QUANTEC V20<30% atau lebih dari 30%

volume parunya mendapatkan dosis 2000 cGy (sampel 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 dan 10). Karena tidak memenuhi ketentuan pertama untuk itu digunakan ketentuan kedua sebagai dasar perencanaan yaitu batas toleransi untuk Dmean sebesar 2700 cGy dengan nilai *symtomatic pneumonitis* 40%.

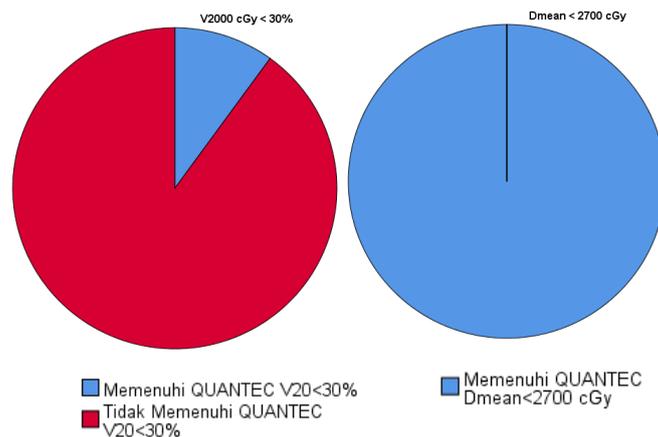
Tabel 6. Dosis Radiasi Paru Berdasarkan QUANTEC V20<30%

	Frekuensi	Persen	Valid Persen
Valid Memenuhi QUANTEC V20<30%	1	10.0	10.0
Tidak Memenuhi QUANTEC V20<30%	9	90.0	90.0
Total	10	100.0	100.0

Tabel 7 menunjukkan bahwa cGy sehingga memenuhi ketentuan berdasarkan grafik DVH, mean dose QUANTEC untuk Dmean < 2700 cGy keseluruhan sampel kurang dari 2700 dengan persentase 100%.

Tabel 7. Dosis Radiasi Paru Berdasarkan QUANTEC Dmean<2700 cGy

		Frekuensi	Persen	Valid Persen
Valid	Memenuhi QUANTEC Dmean<2700 cGy	10	100.0	100.0

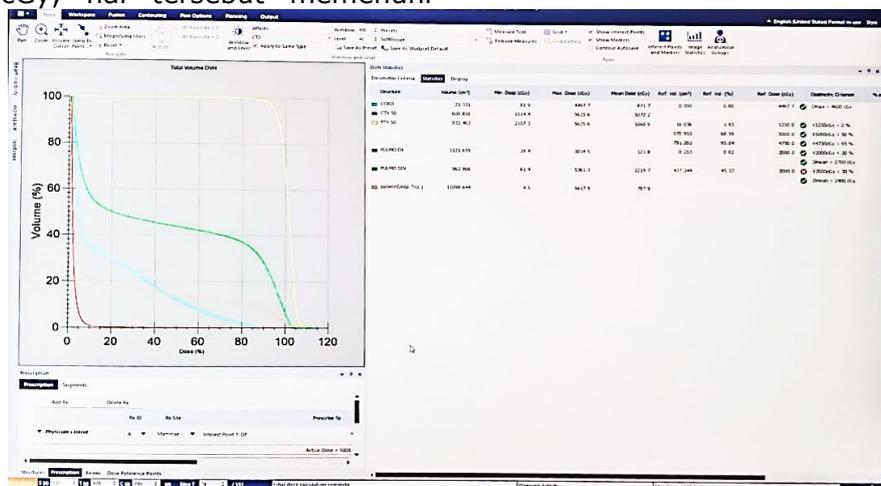


Gambar 4. Diagram Lingkaran Dosis Radiasi Paru Berdasarkan QUANTEC V20<30% dan Dmean<2700 cGy

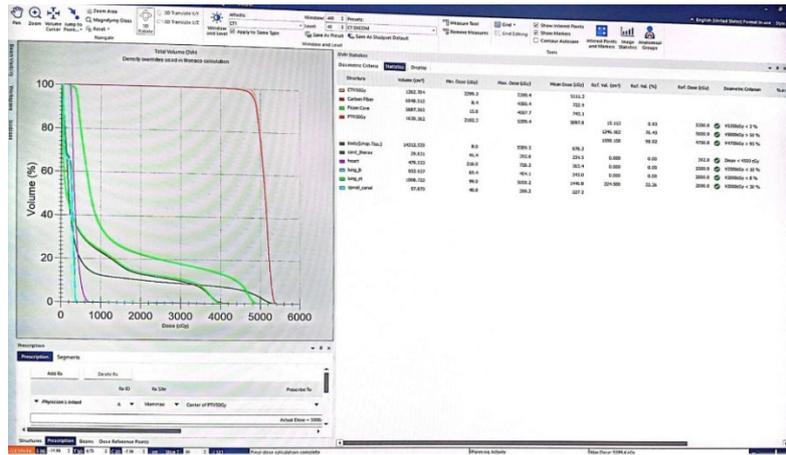
Gambar 5 merupakan grafik DVH sampel 8, berdasarkan grafik tersebut 45.37% volume paru mendapatkan radiasi sebesar 2000 cGy. Hal tersebut melewati batas toleransi yang ditetapkan oleh QUANTEC, yaitu V20<30% dimana volume paru yang boleh mendapatkan dosis radiasi sebesar 2000 cGy terbatas pada 30% volume paru. Pada grafik juga diketahui mean dose sampel 8 sebesar 2219.7 cGy, hal tersebut memenuhi

ketetapan QUANTEC untuk Dmean<2700 cGy.

Gambar 6 merupakan grafik DVH sampel 2, berdasarkan grafik tersebut 22.26% volume paru mendapatkan radiasi sebesar 2000 cGy, Selain itu juga diketahui mean dose sampel 2 sebesar 1446.8 cGy. Hal tersebut memenuhi ketetapan QUANTEC untuk V20<30% dan Dmean<2700 cGy.



Gambar 5. Contoh Grafik DVH sampel 8



Gambar 6. Contoh Grafik DVH sampel 2

PEMBAHASAN

Informasi distribusi dosis radiasi ditampilkan dalam bentuk *Dose Volume Histogram* (DVH). Kurva DVH merangkum informasi yang terkandung dalam distribusi dosis 3D dan merupakan alat yang sangat kuat untuk evaluasi kuantitatif rencana perawatan. OAR pada kanker payudara meliputi tenggorokan, jantung, *caput humeri*, paru, dan *medula spinalis*. Namun peneliti memfokuskan penelitian ini untuk menganalisis dosis pada paru-paru dikarenakan letaknya yang menempel dengan dinding dada dan paling dekat dengan payudara sehingga akan terkena radiasi saat penyinaran. Oleh karena itu paru-paru selalu menjadi patokan evaluasi perencanaan. Evaluasi perencanaan digunakan untuk pengontrolan dosis pada paru-paru pasien kanker payudara, hal tersebut dilakukan karena salah satu respon paru-paru terhadap radiasi terjadi kerusakan sel sehingga memicu terjadinya pneumonitis yang berakibat menurunnya fungsi paru-paru. Jika dosis pada paru tidak memenuhi ketentuan yang telah ditetapkan maka dokter dan fisika medis akan merencanakan ulang atau mempertimbangkan rencana pengobatan menggunakan teknik yang lain.

Dalam hal pajanan medik, tujuan optimasi adalah untuk melindungi pasien. Dosis harus dioptimalisasikan dan risiko kesalahan dalam pemberian

dosis dijaga serendah mungkin. Dalam ICRU 62 ditetapkan pemberian dosis PTV yaitu (95-107%), artinya perencanaan terapi dilakukan untuk mencapai 95% volume PTV menerima 95% dosis dan kurang dari 2% volume PTV menerima kurang dari 107% dosis yang telah ditentukan. Berdasarkan standar yang ditetapkan oleh *Quantitative Analysis of Normal Tissue Effects In The Clinic* (QUANTEC), batas toleransi dosis untuk organ paru yaitu $V_{20} < 30\%$ yang artinya maksimal hanya 30% volume paru-paru yang boleh menerima radiasi dengan dosis 20 Gy (Ardani et al., 2020) dan untuk $D_{mean} = 27$ Gy nilai *symtomatic pneumonitis* 40% (Marks et al., 2010). Di rumah Sakit Dr. Hasan Sadikin Bandung menerapkan ketentuan QUANTEC $V_{20} < 30\%$ dan $D_{mean} \leq 2700$ cGy dengan nilai *symtomatic pneumonitis* 40%.

Beberapa faktor yang menyebabkan dosis paru-paru melebihi batas toleransi yang telah ditetapkan antara lain, posisi lengan yang kurang *full* ekstensi, anatomi tubuh pasien, ukuran kanker atau target radiasi, bekas luka operasi, dan tingkat atau stadium kanker. Posisi lengan pasien yang kurang ekstensi dan kaku pada saat CT simulasi, anatomi tubuh pasien seperti tebal atau tipisnya tubuh mempengaruhi volume paru yang terkena sinar radiasi. Ukuran dan bentuk kanker mempengaruhi dosis radiasi yang diberikan seperti semakin

kecil target kanker maka volume paru yang terkena sinar akan semakin kecil, semakin besar ukuran atau semakin rumit bentuk kanker maka dosis radiasi yang diterima paru juga semakin besar.

Menurut (Depauw et al., 2020) ada terapi radiasi kanker payudara, posisi lengan sangat diperhatikan. Lengan diposisikan keatas, di abduksi dan di rotasikan eksternal terhadap bahu agar terbebas dari bidang singgung saat perencanaan terapi. Bagi kebanyakan pasien, posisi lengan keatas cukup nyaman dan stabil sehingga pasien dapat mempertahankan posisi tersebut selama terapi. Namun pada beberapa pasien, lengan keatas dalam waktu lama akan terasa nyeri dan tidak dapat dilakukan akibat cedera bahu atau sebagai gejala sisa setelah operasi kanker payudara seperti akibat diseksi aksila.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian ini dapat disimpulkan bahwa dari 10 sampel yang diteliti, terdapat 7 sampel dengan persentase 70% menerima dosis radiasi PTV optimal (95%-107%) atau memenuhi ketentuan ICRU *Report 62*, sisanya 3 sampel dosis radiasi PTV melebihi batas ketentuan ICRU *Report 62* (>107%) dengan persentase 30%. Selain itu hanya satu sampel dengan persentase 10% yang kurang dari 30% volume parunya menerima dosis 2000 cGy dan memenuhi ketentuan QUANTEC $V_{20} < 30\%$. Sedangkan sisanya 9 sampel dengan persentase 90% tidak memenuhi ketentuan QUANTEC $V_{20} < 30\%$ atau lebih dari 30% volume parunya mendapatkan dosis 2000 cGy. Untuk itu digunakan ketentuan berdasarkan *mean dose* sebagai dasar perencanaan. Data hasil penelitian menunjukkan *mean dose* keseluruhan sampel kurang dari 2700 cGy sehingga memenuhi ketentuan QUANTEC dengan persentase 100%. Saat pemosisian pasien terutama dibagian lengan pada CT-Simulator, sebaiknya diatur agar ekstensi maksimal sehingga memudahkan dokter dan fisikawan medis dalam proses deliniasi

Dari seluruh alur radioterapi, posisi pasien dan reproduktifitas pengaturan pasien sangat berperan penting bagi hasil terapi. Hasil terapi radiasi ditentukan dari perencanaan target yang tepat untuk menghindari kekurangan dosis yang dapat menyebabkan kekambuhan dan kontrol tumor yang buruk, selain itu juga ditentukan dari menjaga OAR dengan cara membatasi dosis pada struktur kritis untuk menghindari efek yang mungkin timbul pasca perawatan terapi. Efek samping pada paru yang mungkin timbul dari radiasi kanker payudara dapat berupa *pneumonitis*. Selain diakibatkan oleh dosis radiasi juga dapat dipengaruhi oleh sistem kekebalan tubuh tiap pasien, sehingga tidak dapat disimpulkan bahwa pasien yang mendapatkan dosis radiasi melebihi batas toleransi akan mengalami efek samping pneumonitis tersebut.

sehingga dapat memaksimalkan dosis yang diterima oleh paru. Perlu dilakukan penelitian terkait pengaruh posisi sudut lengan pasien terhadap dosis yang diterima oleh paru pada pasien radioterapi kanker payudara dengan menggunakan teknik 3D-CRT.

DAFTAR PUSTAKA

- American Cancer Society. (2021). About Breast Cancer. In *American Cancer Society*.
- Ardani, Susanto, E., Sulaksono, N., Mulyati, S., Sakit Paru dr Ario Wirawan Salatiga, R., Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi, J., & Kemenkes Semarang, P. (2020). Tatalaksana Radioterapi Eksterna pada Kanker Payudara dengan Teknik Simultaneous Integrated Booster (SIB) di Unit Radioterapi Instalasi Radiologi RS Ken Saras Kabupaten Semarang. *Jurnal Imejing Diagnostik (JIImeD)*, 6, 1-6.
- Depauw, N., Batin, E., Johnson, A., MacDonald, S. M., & Jimenez, R. B. (2020). Arms Positioning In Post-Mastectomy Proton Radiation: Feasibility And Development Of A

- New Arms Down Contouring Atlas. *Physics and Imaging in Radiation Oncology*, 14, 6–11. <https://doi.org/10.1016/j.phro.2020.04.003>
- Febrietri, O., Milvita, D., & Diyona, F. (2020). Analisis Dosis Radiasi Paru-Paru Pasien Kanker Payudara dengan Teknik Three Dimensional Conformal Radiation Therapy (3D-CRT) Berdasarkan Grafik Dose Volume Histogram (DVH). *Jurnal Fisika Unand*, 9(1), 110–117. <https://doi.org/10.25077/jfu.9.1.110-117.2020>
- Kementrian Kesehatan Republik Indonesia. (2022). *Kanker Payudara Paling Banyak di Indonesia, Kemenkes Targetkan Pemerataan Layanan Kesehatan*. www.kemkes.go.id
- Marks, L. B., Yorke, E. D., Jackson, A., Ten Haken, R. K., Constine, L. S., Eisbruch, A., Bentzen, S. M., Nam, J., & Deasy, J. O. (2010). Use of Normal Tissue Complication Probability Models in The Clinic. *International Journal of Radiation Oncology Biology Physics*, 76(3), 15–18.
- Moore, K. L., Dalley, A. F., & Agur, A. M. R. (2018). *Clinically Oriented Anatomy* (Eighth Edition). Wolters Kluwer.
- Pachlevi T., M. R., Bualkar, Abdullah, Abdul S, B., & Male, S. (2018). Efek Radiasi Sinar-X 6 MV Terhadap Parotis Pada Pasien Kanker Nasofaring Di Rumah Sakit Universitas Hasanuddin Makassar. *Semantik Scholar*.
- Puspitasari, R. A., Pertiwi, W. I., Sholihah, P. M., Fariqoh, W. H., Kavilani, N., & Astuti, S. D. (2020). Analisis Kualitas Berkas Radiasi LINAC Untuk Efektivitas Radioterapi. *Jurnal Biosains Pascasarjana*, 22(1), 11–19.
- Setyawan, A., & Djakaria, H. M. (n.d.). Efek Dasar Radiasi Pada Jaringan. *Radioterapi & Onkologi Indonesia Vol.5 (1) Jan. 2014:25-33*.
- Susworo, R. (2017). *Dasar Dasar Radioterapi Tata Laksana Radioterapi Penyakit Kanker* (Edisi II). UI Press.
- Symonds, P., Deehan, C., Mills, J. A., & Meredith, C. (2012). *Walter and Miller's Textbook of Radiotherapy - Radiation Physics, Therapy and Oncology* (Seventh Edition). Elsevier Ltd.
- Wennstig, A. K., Wadsten, C., Garmo, H., Johansson, M., Fredriksson, I., Blomqvist, C., Holmberg, L., Nilsson, G., & Sund, M. (2021). Risk of Primary Lung Cancer After Adjuvant Radiotherapy In Breast Cancer—A Large Population-Based Study. *Npj Breast Cancer*, 7(1). <https://doi.org/10.1038/s41523-021-00280-2>
- Zhu, H., & Doğan, B. E. (2021). American Joint Committee on Cancer's Staging System for Breast Cancer, Eighth Edition: Summary for Clinicians. In *European Journal of Breast Health* (Vol. 17, Issue 3, pp. 234–238). Galenos Publishing House.