

Analisis Dosis Radiasi Paru-Paru Pada Kanker Payudara *Post* Mastektomi Menggunakan Teknik *Field in Field* 3D CRT

Ni Putu Lia Andri Yantini¹, Kadek Yuda Astina¹, Dea Ryangga³
¹Akademi Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi Bali, Indonesia
²Instalasi Radioterapi RSUD Pasar Minggu Jakarta, Indonesia

Corresponding author: Ni Putu Lia Andri Yantini
Email: liaandri247@gmail.com

ABSTRACT

Background: Breast cancer is one of the leading causes of death worldwide and ranked first in Indonesia with 58,256 total cases. Radiotherapy with *Field in Field* 3D CRT technique is used as a method of post-mastectomy breast cancer treatment using ionizing radiation to stop the growth of cancer cells. The lungs are the most vulnerable organ exposed to radiation so that the radiation dose needs to be controlled. The purpose of this study was to analyze the lung radiation dose in the *Field in Field* 3D CRT technique with post-mastectomy breast cancer cases at the Radiotherapy Unit of Lavalette Hospital Malang.

Methods: This study is a quantitative study using retrospective data. The study population was all post mastectomy breast cancer patients who underwent radiotherapy irradiation in 2022 at the Radiotherapy Unit of Lavalette Hospital Malang. The sampling technique used was total sampling so that the sample of this study was 37 patients.

Results: The value of lung radiation dose in post-mastectomy breast cancer using *Field in Field* 3D CRT technique includes mean dose of ipsilateral lung of 1757.23 cGy, mean dose of contralateral lung of 76.19 cGy, V20 of ipsilateral lung of 35.7%, and V20 of contralateral lung of 0%. Based on the results of statistical tests that show that the p value <0.05, which means there is a significant difference in the radiation dose received by the ipsilateral lung and the QUANTEC dose standard.

Conclusions: The mean dose value of the ipsilateral lung in post-mastectomy breast cancer using the *Field in Field* 3D CRT technique has met the QUANTEC dose tolerance limit. However, the V20 value in post - mastectomy breast cancer using the *Field in Field* 3D CRT technique does not meet the QUANTEC dose tolerance limit. The reasearch summary and an extra thought (if any) must be well expressed in this section.

Keyword : Breast cancer; Post Mastectomy; *Field in Filed* 3D CRT technique; Lung; Dose ab.

Pendahuluan

Kanker payudara menjadi salah satu penyebab utama kematian di seluruh dunia. Hasil penelitian menyebutkan pada tahun 2020 terdapat 2.261.419 kasus baru kanker dan diperkirakan menyebabkan 68.858 kasus kematian (Ardani, 2020; The Global Cancer Observatory, 2020). Di Indonesia, kanker payudara menduduki peringkat pertama dengan total 58.256 kasus baru dan 22.692 kematian (Bray Freddie, 2018). Pengobatan kanker payudara melibatkan berbagai metode seperti pembedahan, kemoterapi, dan radioterapi, dengan pembedahan sering menjadi pilihan pengobatan pertama. Sedangkan radioterapi digunakan sebagai metode pengobatan kanker payudara menggunakan radiasi pengion untuk membunuh sel kanker (Komite Penanggulangan Kanker Nasional, 2018).

Radioterapi dengan teknik *Field in Field* 3D CRT menjadi pilihan dalam perencanaan radioterapi kanker payudara. Teknik 3D CRT memungkinkan distribusi dosis yang homogen pada target kanker sambil meminimalkan dampak pada jaringan sehat di sekitarnya (Khan, 2015; Wijokongko, 2016). Sedangkan teknik *Field in Field* menjadi bagian penting dari aplikasi 3D CRT karena dapat membantu mengatasi masalah dosis radiasi yang tidak merata dengan mengurangi dosis hotspot dan mempercepat waktu radioterapi (R. Susworo dan Henry Kodrat, 2017). Dalam perencanaan radioterapi terdapat dua target penyinaran yaitu *Planning Target Volume* (PTV) dan *Organ at Risk* (OAR) (Febietri et al., 2020).

Paru-paru menjadi *Organ at Risk* pada perencanaan radioterapi kanker payudara yang paling rentan terpapar radiasi karena terletak di belakang payudara sehingga batas toleransi dosis

radiasi telah ditetapkan oleh RTOG berupa QUANTEC (*Quantitative Analysis of Normal Tissue Effects in the Clinic*) yang menyatakan pada pasien kanker payudara dosis radiasi yang dianggap aman untuk paru-paru adalah $V_{20} < 30\%$, *Mean dose* = 7, *Mean dose* = 13, *Mean dose* = 20, *Mean dose* = 24, dan *Mean dose* = 27 (L. B. Markset al., 2010). Sedangkan pemenuhan dosis PTV diatur menurut ICRU Report 62 yaitu (95-107%) yang artinya targetnya adalah setidaknya 95% volume PTV menerima 95% dari dosis serap dan kurang dari 2% volume PTV menerima dosis $< 107\%$ dari dosis yang ditentukan (ICRU Homepage, 1999).

Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa penggunaan teknik 3D CRT pada pasien kanker payudara *post* mastektomi memberikan sebaran dosis PTV dengan rentang 95-107% sehingga memenuhi ICRU report 62 dan menerima dosis paru kontralateral memenuhi batasan toleransi yang ditetapkan oleh QUANTEC yaitu $V_{20} < 30\%$, namun terdapat pasien yang menerima dosis paru ipsilateral yang tidak memenuhi batasan toleransi QUANTEC hingga mengalami pneumonitis radiasi (Febietri et al., 2020). Penelitian lain juga menunjukkan bahwa penggunaan teknik *Field in Field* 3D CRT pada pasien kanker payudara *post* mastektomi memberikan dosis radiasi paru ipsilateral memenuhi batasan toleransi QUANTEC yaitu $V_{20} < 30\%$ dan *Mean Dose* = 20Gy, namun pasien menerima dosis PTV yang kurang optimal sehingga kurang dari 95% dan tidak memenuhi ICRU report 62 (Nur Nia Hervina, 2021). Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis dosis radiasi paru-paru pada kanker payudara *post* mastektomi menggunakan teknik *Field in Field* 3D CRT di Unit Radioterapi Rumah Sakit Lavalette Malang.

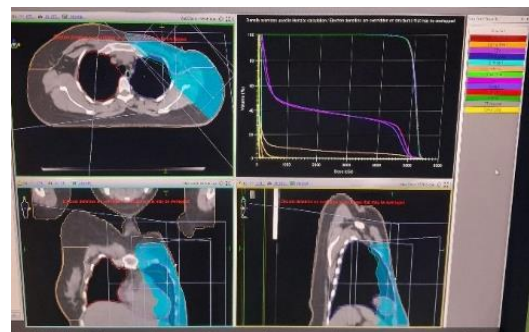
Metode

Jenis penelitian ini adalah penelitian kuantitatif dengan menggunakan data retrospektif, yaitu dengan melakukan pencatatan terhadap dosis paru-paru dengan data pasien yang menjalani radioterapi pada pasien kanker payudara *post* mastektomi di Unit Radioterapi Rumah Sakit Lavalette Malang. Penelitian ini telah mendapatkan ijin penelitian dengan Nomor: AA-PESWA/23.245 dari Rumah Sakit Lavalette Malang. Populasi pada penelitian ini adalah seluruh pasien kanker payudara *post*

mastektomi yang mendapatkan radioterapi menggunakan teknik *Field in Field* 3D CRT dengan penyinaran lokoregional dan menerima dosis penyinaran 2 Gy/fraksi dengan jumlah fraksi 25 kali pada tahun 2022 di Unit Radioterapi Rumah Sakit Lavalette Malang. Sampel pada penelitian ini adalah data dari 113 pasien kanker payudara *post* mastektomi yang telah dilakukan perencanaan penyinaran pada TPS. Namun sampel yang memenuhi kriteria inklusi pada penelitian ini sebanyak 37 pasien. Pada penelitian ini menggunakan instrumen yaitu komputer *Treatment Planning System* (TPS), pesawat *Linear Accelerator* (Linac), alat tulis, dan kamera. Pengumpulan data dilakukan dengan melakukan pencatatan terhadap dosis PTV dan dosis radiasi paru-paru yang diterima pasien serta didokumentasikan dengan kamera digital. Data hasil penelitian dianalisis menggunakan SPSS versi 25 dengan Uji *Mann Whitney*.

Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil observasi penulis pada bulan Mei 2023 kemudian dilanjutkan dengan pendataan pasien dengan menggunakan data retrospektif melalui data *planning* pasien di TPS seperti pada Gambar 1 maka diperoleh 37 sampel selama tahun 2022 yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi. Adapun kriteria inklusi pada penelitian ini adalah pasien kanker payudara *post* mastektomi, stadium pasien (II-IV), volume PTV pasien ($700,0\text{cm}^3 - 1400,0\text{ cm}^3$), dosis penyinaran ($25 \times 2\text{ Gy}$), dosis PTV minimal 95%, letak tumor pasien (payudara kiri dan kanan), serta penyinaran lokoregional dengan menggunakan satu isocenter dan 4 lapangan penyinaran. Karakteristik sampel pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 1. Counturing dan kurva DVH di TPS

Tabel 1. Karakteristik Sampel

No	Kriteria	Jumlah (n)	Persentase
1	Jenis Kelamin		
	Perempuan	37	100%
	Total	37	100%
2	Umur		
	26-30	1	2,7%
	31-35	1	2,7%
	36-40	2	5,4%
	41-45	4	10,8%
	46-50	7	18,9%
	>50	22	59,5%
Total	37	100%	
3	Kanker Payudara		
	Post Mastektomi	37	100%
	Total	37	100%
4	Volume PTV		
	700-899	16	43,2%
	900-1099	9	24,3%
	>1100	12	32,4%
Total	37	100%	
5	Dosis Penyinaran		
	25 X 2Gy	37	100%
	Total	37	100%
6	Letak Tumor		
	Kiri	24	64,9%
	Kanan	13	35,1%
	Total	37	100%
7	Penyinaran		
	Lokoregional	37	100%
	Total	37	100%

Dari data Tabel 1 dapat dinyatakan bahwa karakteristik sampel yaitu seluruh pasien berjenis kelamin perempuan dengan persentase 100%, dengan umur didominasi dengan >50 tahun dengan persentase 59,5%. Volume PTV didominasi pada rentang 700 cm³ - 899 cm³ dengan persentase 43,2%, dengan letak tumor terbanyak pada payudara kiri dengan persentase sebesar 64,9%. Seluruh sampel pasien menerima

penyinaran lokoregional dan menggunakan dosis penyinaran 25 x 2 Gy.

Data dosis radiasi paru-paru diambil pada *planning* yang telah mendapatkan dosis 4750 cGy (95% dari keseluruhan dosis) dan mendapatkan dosis 5350 cGy (107% dari keseluruhan dosis). Profil sebaran dosis pada PTV yang telah diuji deskriptif ditunjukkan oleh Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Profil sebaran dosis pada PT95% (%)

Dosis	D95% (cGy)	ICRU Report 62	Min volume	Max volume	Mean volume ± SD
50Gy	4750	≥95%	95	96,67	95,20 ± 0,64

Tabel 3. Profil sebaran dosis pada PTV107%

Dosis	D107% (cGy)	ICRU Report 62	Min volume	Max volume	Mean volume ± SD
50Gy	5350	≤2%	0,07	23,40	3,66 ± 0,90

Pada Tabel 2 menunjukkan nilai sebaran dosis D95 terhadap PTV memiliki nilai minimal 95%, nilai maksimal 96,67%, dan nilai rata-rata 95,20%. Sedangkan pada Tabel 3 menunjukkan nilai sebaran dosis D107 terhadap PTV memiliki nilai minimal 0,07%, nilai maksimal 23,40%, dan nilai rata-rata 3,66%. ICRU Report 62 menyatakan bahwa pada kanker payudara dengan dosis 50 Gy dengan 25 kali fraksinasi sebaran dosis pada PTV dengan volume ≥95% PTV

idealnya mendapatkan sebaran dosis ≥95% dari dosis preskripsi dan ≤2% volume PTV menerima dosis < 107% dari preskripsi (ICRU Homepage, 1999). Sehingga dari data yang didapat maka dosis D95 sudah sesuai dengan ICRU Report 62 namun dosis D107 melebihi ICRU Report 62.

Adapun nilai *Mean Dose* paru pada kanker payudara yang telah diuji deskriptif ditunjukkan oleh Tabel 4.

Tabel 4. Nilai *Mean Dose* Paru pada Kanker Payudara (cGy)

Letak Paru-Paru	Dosis (cGy)	QUANTEC	Min	Max	Mean ± SD
Ipsilateral	5000	<2000	1176,5	1994,7	1757,23 ± 31,92
Kontralateral	5000	<2000	60,8	91,6	76,19 ± 1,20

Pada Tabel 4 menunjukkan bahwa nilai *mean dose* paru ipsilateral pada kanker payudara memiliki nilai minimal 1176,5 cGy, nilai maksimal 1994,7 cGy, dan nilai rata-rata 1757,23 cGy. Sedangkan nilai *mean dose* paru kontralateral pada kanker payudara memiliki

nilai yang sangat kecil dengan nilai minimal 60,8 cGy, nilai maksimal 91,6 cGy, dan nilai rata-rata 76,19 cGy. Adapun nilai V20 paru pada kanker payudara yang telah diuji deskriptif ditunjukkan oleh Tabel 5.

Tabel 5. Nilai V20 Paru pada Kanker Payudara (%)

Letak Paru-Paru	Dosis (cGy)	QUANTEC	Min	Max	Mean ± SD
Ipsilateral	2000	<30	27.53	41.08	35.7 ± 0.65
Kontralateral	2000	<30	0	0	0

Pada Tabel 5 menunjukkan bahwa nilai volume paru ipsilateral yang menerima radiasi dengan dosis 2000 cGy pada kanker payudara memiliki nilai minimal 27,53%, nilai maksimal 41,08%, dan nilai rata-rata 35,7%. Sedangkan nilai volume paru kontralateral yang menerima radiasi dengan dosis 2000 cGy pada kanker payudara memiliki nilai 0%.

Data diperoleh dari *planning* pasien di TPS berupa nilai *mean dose* dan nilai V20 paru, kemudian dilakukan tes normalitas data terlebih dahulu untuk menentukan distribusi data normal atau tidak. Adapun hasil uji normalitas dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Uji Normalitas Dosis Paru-Paru

Dosis Paru	Sig.
Nilai <i>Mean Dose</i> Paru Ipsilateral	0,019
Nilai <i>Mean Dose</i> Standar QUANTEC	0,000
Nilai V20 Paru Ipsilateral	0,034
Nilai V20 Standar QUANTEC	0,000

Berdasarkan Tabel 6 menunjukkan bahwa nilai *mean dose* paru ipsilateral, nilai *mean dose* standar QUANTEC, nilai v20 paru ipsilateral, dan nilai V20 standar QUANTEC memiliki nilai

signifikansi $< 0,05$ yang berarti berdistribusi data tidak normal. Selanjutnya data diolah secara statistik dengan uji *Mann Whitney* yang mendapatkan hasil sesuai Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Uji *Mann Whitney*

Variabel	Nilai Signifikansi (<i>p value</i>)	Keterangan
Nilai <i>Mean Dose</i> Paru Ipsilateral-Standar QUANTEC	0,000	<i>p value</i> $< 0,05$
Nilai V20 Paru Ipsilateral-Standar QUANTEC	0,000	<i>p value</i> $< 0,05$

Berdasarkan hasil uji *Mann Whitney* pada Tabel 7 mengenai perbandingan nilai dosis radiasi paru ipsilateral dan standar QUANTEC pada pasien kanker payudara yang menjalani terapi radiasi menunjukkan hasil *p value* sebesar 0,000 ($p \text{ value} < 0,05$) sehingga dapat disimpulkan terdapat perbedaan yang signifikan terhadap nilai dosis radiasi paru ipsilateral dan standar QUANTEC. Rata-rata nilai *mean dose* paru ipsilateral sebesar 1757,23 cGy yang berarti bahwa H0 ditolak Ha sehingga memenuhi batas toleransi QUANTEC. Sementara rata-rata nilai V20 paru ipsilateral sebesar 35,7% yang berarti H0 diterima Ha ditolak sehingga tidak memenuhi batas toleransi QUANTEC.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dosis radiasi paru-paru pada kasus kanker payudara *post* mastektomi menggunakan teknik *Field in Field* 3D CRT di Unit Radioterapi Rumah Sakit Lavalette Malang. Beberapa penelitian sebelumnya telah menganalisis dosis radiasi paru-paru pada pasien kanker payudara *post* mastektomi menggunakan teknik *Field in Field* 3D CRT dan menunjukkan memberikan sebaran dosis PTV kurang optimal sehingga tidak memenuhi ICRU Report 62 dan pemberian dosis paru yang melebihi batas toleransi QUANTEC (Febietri et al., 2020; Nur Nia Hervina, 2021).

Hasil penelitian ini sejalan dengan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Waheed et al., 2021), yang menyatakan bahwa teknik *Field in Field* 3D CRT merupakan teknik yang dikembangkan untuk meningkatkan akurasi dosis, penggunaan teknik *Field in Field* lebih menguntungkan daripada teknik perencanaan lain karena memberikan distribusi dosis yang lebih baik dalam hal cakupan PTV dalam radioterapi pada kanker payudara. Selain itu (R. Susworo dan Henry Kodrat, 2017) juga menyatakan penggunaan teknik *Field in Field*

dapat memperpendek waktu penyinaran, sehingga pesawat radioterapi menjadi lebih tahan lama.

Hasil penelitian ini berkaitan dengan penelitian oleh (Kundrát et al., 2022) yang menemukan bahwa perbedaan anatomi pasien baik dari bentuk dan ukuran payudara serta bentuk dan ukuran paru-paru menyebabkan adanya variasi besar pada dosis radioterapi pada pasien kanker payudara. Penelitian lain oleh (Farhiyati et al., 2020) juga menemukan bahwa dosis radiasi yang diterima oleh paru ipsilateral lebih tinggi dibandingkan pada paru kontralateral dikarenakan paru ipsilateral merupakan paru yang terletak pada sisi yang sama dengan payudara yang diterapi.

Hasil penelitian ini didukung dengan penelitian lain yang dilakukan (D'Avenia et al., 2018) disebutkan bahwa teknik *Field in Field* 3D CRT secara signifikan mengurangi PTV Dmax dan meningkatkan Dmean namun memberikan distribusi dosis pada OAR yang lebih tinggi. Penelitian lain oleh (Wijsman et al., 2017) juga mendukung hasil penelitian ini dengan menemukan bahwa terapi radiasi dengan teknik termodulasi yang dapat mengurangi dosis yang diterima oleh paru-paru tidak selalu memadai untuk mengurangi dosis terutama pada pasien dengan tumor yang dekat dengan jaringan paru-paru.

Namun secara internasional batasan dosis yang diterima oleh paru-paru telah diatur untuk mengurangi risiko komplikasi sehingga perlu perhatian khusus mengenai dosis yang diterima paru-paru karena dapat meningkatkan risiko pneumonitis dan fibrosis paru (L. B. Markset al., 2010). Terdapat perbedaan efek samping yang terjadi pada setiap pasien selain karena dosis radiasi yang diterima, sistem kekebalan tubuh juga menjadi faktor yang membedakan dalam

kerusakan sel yang dialami pasien. Sehingga tidak dapat dikatakan bahwa setiap pasien yang mendapat dosis radiasi yang berlebih pada paru-paru akan terkena penyakit radiasi paru-paru. Tetapi kelebihan radiasi yang diterima menjadi salah satu pertimbangan, dan diperlukan pertimbangan lain seperti faktor usia, pola makan, pola hidup, dan lingkungan yang mempengaruhi sistem kekebalan tubuh pasien (Febrietri et al., 2020). Pemilihan teknik radioterapi yang tepat hingga penggunaan teknologi imejing lanjutan seperti pencitraan empat dimensi dapat digunakan untuk memperkirakan perubahan dalam anatomi paru-paru selama pemberian terapi radiasi sehingga dapat memberikan dosis radiasi yang optimal (Sharifi et al., 2019).

Berdasarkan hasil observasi penulis pada penelitian ini bahwa di Unit Radioterapi Rumah Sakit Lavalette Malang telah melakukan perencanaan radioterapi pada kasus kanker payudara *post* mastektomi menggunakan teknik *Field in Field* 3D CRT dengan optimal dan layak untuk dilakukan proses penyinaran karena dapat meningkatkan akurasi dosis dengan memberikan distribusi dosis yang lebih optimal pada PTV dengan waktu penyinaran yang lebih singkat sehingga dapat menghindari pergerakan pasien dan pesawat radioterapi menjadi lebih awet (R. Susworo dan Henry Kodrat, 2017). Perencanaan radioterapi pada kasus kanker payudara *post* mastektomi di Unit Radioterapi Rumah Sakit Lavalette Malang juga telah memenuhi dosis PTV D95 sesuai ICRU Report 62 dan nilai mean dose paru sesuai dengan batas toleransi QUANTEC yaitu *mean dose* < 20Gy meskipun volume paru yang menerima dosis 2000 cGy melebihi 30% yang disebabkan oleh beberapa faktor seperti bentuk anatomi baik dari bentuk dan ukuran payudara serta bentuk dan ukuran paru-paru, mengingat paru-paru merupakan organ yang letaknya sangat dekat dengan payudara sehingga beresiko terpapar dosis yang lebih tinggi. Selain itu faktor lain yang mempengaruhi dosis PTV D107 melebihi standar ICRU Report 62 diakibatkan karena pasien yang akan mendapatkan radioterapi *booster* serta luas area *counturing* PTV oleh dokter spesialis onkologi radiasi.

Kemudian standar operasional kerja mengenai batas toleransi paru yang digunakan pada Rumah Sakit Lavalette Malang adalah *mean dose* < 20Gy, serta setiap perencanaan telah berdasarkan justifikasi dari dokter spesialis onkologi radiasi sehingga perencanaan dosis yang diterima pasien

telah mempertimbangkan resiko dan manfaat yang didapatkan. Hal ini juga didukung dari tidak adanya laporan pasien yang mengalami pneumonitis setelah mendapatkan terapi radiasi di Unit Radioterapi Rumah Sakit Lavalette Malang.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan seperti besarnya rentang volume PTV yang digunakan sehingga terjadi ketidakseragaman dosis pada paru-paru. Oleh karena itu penelitian lebih lanjut dengan desain yang lebih kuat diperlukan untuk mengkonfirmasi temuan ini lebih lanjut.

Simpulan

Berdasarkan hasil uji *Mann Withney* mengenai perbandingan nilai dosis paru ipsilateral dan standar QUANTEC pada pasien kanker payudara yang menjalani terapi radiasi menunjukkan hasil p value sebesar 0,000 (p value < 0,05) sehingga dapat disimpulkan terdapat perbedaan yang signifikan terhadap dosis radiasi yang diterima paru ipsilateral dan standar QUANTEC. Rata-rata nilai *mean dose* paru ipsilateral sebesar 1757,23 cGy sehingga memenuhi batas toleransi QUANTEC. Sementara rata-rata nilai V20 paru ipsilateral sebesar 35,7% sehingga tidak memenuhi batas toleransi QUANTEC.

Daftar Pustaka

- Ardani, A., S. E., S. N., & M. S. (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 (JImeD)*, 6(1), 1–6.
- Bray Freddie, F. J. S. I. (2018). *Global Cancer Statistics 2018: GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality Worldwide for 36 Cancers in 185 Countries*. American Cancer Society.
- D'Avenia, P., Nigro, R., Camarda, M., Nicola, E. Di, Giannini, M., Mangiacotti, M. G., Mascioni, F., Montani, L., Riccardi, S., Rossi, G., & Fattori, S. (2018). 163. *Field-in-Field versus 3D standard techniques for breast cancer: Dosimetric and reproducibility study*. *Physica Medica*, 56, 164–165. <https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2018.04.174>
- Farhiyati, W., Subroto, R., Makmur, I. W. A., Qomariyah, N., & Wirawan, R. (2020). *Treatment Planning System (TPS) Kanker Payudara Menggunakan Teknik 3DCRT*. ORBITA: Jurnal Kajian, Inovasi Dan Aplikasi

- Pendidikan Fisika, 6(1), 150. <https://doi.org/10.31764/orbita.v6i1.2115>
- 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>
- ICRU Homepage. (1999). *ICRU Report 62 Prescribing, Recording and Reporting Photon Beam Therapy* (Supplement to ICRU Report 50).
- Khan, FM. J. P. G. (2015). *The Physics of Radiation Therapy. China: Library of Congress Cataloging-in-Publication*.
- Komite Penanggulangan Kanker Nasional. (2018). *Pedoman Nasional Pelayanan Kedokteran Kanker Payudara*. Kemenkes RI.
- Kundrát, P., Rennau, H., Remmele, J., Sebb, S., Simonetto, C., Kaiser, J. C., Hildebrandt, G., Wolf, U., & Eidemüller, M. (2022). *Anatomy-dependent lung doses from 3D-conformal breast-cancer radiotherapy*. *Scientific Reports*, 12(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-14149-2>
- L. B. Markset al. (2010). *QUANTEC Summary: Approximate Dose/Volume/Outcome Data for Several Organs Following Conventional Fractionation*. *I. J. Radiation Oncology*, 76(3), 15–18.
- Nur Nia Hervina. (2021). Analisis Dosis Radiasi Paru-Paru pada Kasus Kanker Payudara *Post Mastektomi* dengan Menggunakan Teknik Radioterapi 3D Conformal. 4–28.
- R. Susworo dan Henry Kodrat. (2017). *Dasar-Dasar Radioterapi Tata Laksana Radioterapi Penyakit Kanker (II)*. Universitas Indonesia (UI-Press).
- Sharifi, H., McDonald, G. C., Lee, J. K., Ajlouni, M. I., Chetty, I. J., & Zhong, H. (2019). *Four-dimensional computed tomography-based biomechanical measurements of pulmonary function and their correlation with clinical outcome for lung stereotactic body radiation therapy patients*. *Quantitative Imaging in Medicine and Surgery*, 9(7), 1278–1287. <https://doi.org/10.21037/qims.2019.07.03>
- The Global Cancer Observatory. (2020). *International Agency for Research on Cancer*. *WHO Chron*, 23(7), 323–326.
- Waheed, A., Butt, S., Ishtiaq, A., Mansha, M. A., Mehreen, S., Raza, M., & Yousaf, M. (2021). *Dosimetric Comparison of Whole Breast Radiotherapy Using Field-in-Field and Volumetric Modulated Arc Therapy Techniques in Left-Sided Breast Cancer Patients*. *Cureus*. <https://doi.org/10.7759/cureus.15732>
- Wijokongko, S. dkk. (2016). *Protokol Radiologi*. Inti Medika Pustaka.
- Wijsman, R., Dankers, F., Troost, E. G. C., Hoffmann, A. L., van der Heijden, E. H. F. M., de Geus-Oei, L.-F., & Bussink, J. (2017). *Comparison of toxicity and outcome in advanced stage non-small cell lung cancer patients treated with intensity-modulated (chemo-)radiotherapy using IMRT or VMAT*. *Radiotherapy and Oncology*, 122(2), 295–299. <https://doi.org/10.1016/j.radonc.2016.11.015>