

Dosimetry Evaluations in Breast Cancer Using 3D-CRT Technique

Evaluasi Dosimetri pada Kasus Kanker Payudara menggunakan Teknik 3D-CRT

Laily Izzati Ambarsari¹, Muhammad Irsal^{2*}, Shinta Gunawati Sutoro³, Nursama Heru Apriantoro⁴,
Guntur Winarno⁵, Hadi Lesmana⁶
^{1,2,3,4,5}Poltekkes Jakarta II, Jakarta, Indonesia
⁶RSPAD Gatot Soebroto, Jakarta, Indonesia
Email: Muhammad.irsal@poltekkesjkt2.ac.id

Article Info

Article history

Received date: 2024-08-04

Revised date: 2025-01-03

Accepted date: 2025-01-06



Abstract

Several previous studies have shown that without dose evaluation and monitoring, there is a potential for deterministic radiation effects in 3D-CRT procedures. This study is expected to close the gap by conducting a more comprehensive evaluation of the 3D-CRT technique for breast cancer patients. The research method is quantitative analysis with a study sample of 20 breast cancer patients. Data processing was carried out by conducting statistical tests for the distribution value of organs at risk (OAR) against the Radiation Therapy Oncology Group (RTOG) guidelines and analyzing the conformity index (CI) and homogeneity index (HI) values according to the values recommended by the International Commission Radiation Unit (ICRU). The results of this study obtained OAR doses for the lungs and heart are still within the tolerance value limits set by RTOG p -value <0.05 . then for CI and HI there is a deviation p -value <0.05 that there is a difference between the values obtained and the ICRU recommended value. This is due to the location of the target or tumor adjacent to the OAR, to keep the OAR value in accordance with the specified limit value.

Keywords:

Dose Volume Histogram (DVH); Conformity Index (CI); Homogeneity Index (HI); Breast Cancers

Abstrak

Beberapa penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa tanpa evaluasi dan monitoring dosis berpotensi menyebabkan efek radiasi deterministik pada prosedur 3D-CRT. Dalam penelitian ini diharapkan dapat menutup gap dengan melakukan evaluasi yang lebih komprehensif pada teknik 3D-CRT pasien kanker payudara. Metode penelitian bersifat analisis kuantitatif dengan sampel penelitian berjumlah 20 pasien kanker payudara. Pengolahan data dilakukan dengan melakukan uji statistik untuk nilai distribusi organ at risk (OAR) terhadap pedoman Radiation Therapy Oncology Group (RTOG) dan analisis nilai CI dan HI sesuai dengan nilai yang direkomendasikan oleh International Commission Radiation Unit (ICRU). Hasil dari penelitian ini didapatkan dosis OAR untuk paru-paru dan jantung masih dalam batas nilai toleransi yang ditetapkan oleh RTOG p -value <0.05 . kemudian untuk CI dan HI terdapat penyimpangan p -value <0.05 bahwa terdapat perbedaan antara nilai yang diperoleh dan nilai yang direkomendasikan ICRU. Hal tersebut disebabkan oleh lokasi target atau tumor berdekatan dengan OAR, untuk menjaga nilai OAR sesuai dengan nilai batasan yang ditentukan.

Kata Kunci:

Dose Volume Histogram (DVH); Conformity Index (CI); Homogeneity Index (HI); Kanker Payudara

PENDAHULUAN

Muhammad Irsal and muhammad.irsal@poltekkesjkt2.ac.id

Kanker merupakan sel abnormal yang pertumbuhannya tidak terkendali dan dapat menyebar pada tubuh penderita. Kanker payudara merupakan keganasan yang dapat tumbuh pada jaringan payudara terutama pada bagian duktus ataupun lobulusnya. Pada kanker payudara sel kanker yang masuk ke dalam darah atau sistem limfatik dapat menyebar ke bagian tubuh lainnya [1][2].

Kejadian kanker payudara di Indonesia menempati urutan pertama tahun 2020 dengan jumlah penderita 65.000, selanjutnya diikuti insiden kanker serviks, kolorektum, paru, dan liver. Faktor risiko kanker payudara dapat berupa demografis, usia, genetik, esterogen pasca menopause, riwayat haid, kehamilan, konsumsi lemak berlebih, merokok, mengonsumsi alkohol, dan kontrasepsi oral [3][4].

Seiring berkembangnya teknik radioterapi memungkinkan pemberian dosis tinggi pada volume target dan meminimalkan radiasi yang mempengaruhi sel sehat [5]. Salah satu teknik radioterapi yang digunakan dalam pengobatan kanker payudara yaitu teknik 3D-CRT yang dapat menghasilkan cakupan sinar sesuai bentuk tumor dengan menggunakan *multileaf collimator* (MLC) sehingga meminimalisir paparan radiasi pada jaringan sehat di sekitarnya [6][7].

Pada pengobatan radioterapi dengan teknik 3D-CRT menggunakan hasil citra dari CT simulator sebagai informasi anatomi bagian tubuh pasien yang diinginkan. Informasi hasil citra tersebut dapat membantu dokter dalam menentukan target tumor dan OAR yang berada di sekitarnya. Dalam pembuatan *treatment planning* teknik 3D-CRT menggunakan *forward planning* yang di mana distribusi dosis dilakukan secara manual dan bersifat *trial and error* [7]. Dalam radioterapi jika pemberian dosis tidak mencakup volume target, maka akan mengakibatkan munculnya kembali penyakit dalam waktu 6 bulan setelah pengobatan radioterapi. Oleh karena itu, perlu diperhatikan dalam pemberian dosis saat proses *treatment planning* [8][9].

Perhitungan dosimetri dilakukan dalam *Treatment Planning System* (TPS) dengan menentukan dosis radiasi yang akan diberikan ke target, *Organ At Risk*, dosis maksimum, dosis minimum, dosis rata-rata, D95%, *Conformity Index* (CI) dan *Homogeneity Index* (HI), maka dari itu pentingnya penentuan dosis yang akurat pada target atau dosis radiasi yang akan diserap oleh tubuh pasien [10][11]. *Treatment Planning* merupakan penentuan karakteristik *planning* yang akan digunakan untuk penyinaran dan bagaimana dampak pasien dalam menjalani terapi radiasi. Tujuan *treatment planning* untuk mencapai dosis preskripsi terbaik, dengan memberikan dosis radiasi yang tinggi ke target dan memaksimalkan kontrol tumor pada dosis *organ at risk* (OAR) seminimal mungkin [12].

Tujuan evaluasi dosimetri yaitu untuk menilai kualitas *planning* yang dapat diukur dengan alat yang berbeda, sebagai contoh *Dose Volume Histogram* (DVH) digunakan untuk mengevaluasi dosis volume target dan OAR. Kriteria pertama yang dapat dievaluasi yaitu cakupan pada PTV. Pengukuran evaluasi *treatment planning* juga dapat menggunakan alat penting yaitu *Conformity Index* (CI) dan *Homogeneity Index* (HI). CI digunakan untuk mengukur konformitas dosis pada target dan volume jaringan di sekitarnya yang dicakup oleh dosis referensi dan HI digunakan untuk penyeragaman dosis yang diterima oleh target [9][13][14][15].

Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa perlu melakukan evaluasi pemantauan dosis pada OAR pada teknik 3D-CRT, karena dosis radiasi yang tidak dievaluasi dan dimonitoring dapat menyebabkan efek radiasi detekministik berdasarkan *Quantitative Analysis of Normal Tissue Effects in the Clinic* (QUANTEC) dosis radiasi yang berlebih pada penyinaran pasien kanker payudara dapat menyebabkan terjadi pneumonitis [16] [17]. Peneliti tertarik melakukan penelitian Evaluasi Nilai Dosimetri Pada Kasus Kanker Payudara menggunakan Teknik 3D-CRT dengan menganalisis nilai OAR

berdasarkan *Radiation Therapy Oncology Group (RTOG)*, serta menganalisis nilai *Conformity Index (CI)* dan nilai *Homogeneity Index (HI)* dengan nilai yang direkomendasikan *International Commission Radiation Unit (ICRU)*.

METODE

Jenis penelitian ini adalah analisis kuantitatif dengan menggunakan data sekunder yang diperoleh dari hasil *Treatment Planning System (TPS)* dari hasil perencanaan penyinaran pasien kanker payudara pada teknik 3D-CRT. Penelitian ini dilakukan di Instalasi Radioterapi salah satu rumah sakit di wilayah Jakarta pada bulan April sampai Mei 2024. Ukuran sampel penelitian ini menggunakan metode *Slovin* untuk menentukan ukuran sampel yang mewakili jumlah sampel pasien yang melakukan penyinaran radioterapi kanker payudara menggunakan 3D-CRT dengan perhitungan sebagai berikut:

$$n = \frac{N}{1+N(e)^2} = \frac{20}{1+20(0,05)^2} = \frac{20}{1+20(0,0025)} = 19,047$$

Dimana n adalah ukuran sampel yang akan dicari, N adalah ukuran populasi dan e adalah *margin of error*. Nilai besar kesalahan atau *margin of error (e)* yang ditetapkan dalam penelitian ini sebesar 5%. Berdasarkan perhitungan sampel maka dalam penelitian ini digunakan sampel sebanyak 20 pasien kanker payudara yang menjalani pengobatan radioterapi. *Conformity Index (CI)* digunakan untuk mengevaluasi kualitas *treatment planning* untuk membantu penilaian tingkat konformitas dengan perhitungan sebagai berikut [18], [19], [20]:

$$Conformity\ index = \frac{V_{95\%}}{PTV}$$

Nilai CI yang lebih dari 1 menunjukkan bahwa penyinaran melibihi volume target, serta mengenai sebagian jaringan sehat, sedangkan apabila nilai CI kurang dari 1 maka volume target hanya diradiasi sebagian. [21] [22]. *Homogeneity Index (HI)* merupakan nilai

keseragaman dosis radiasi didalam volume target, dengan perhitungan sebagai berikut:

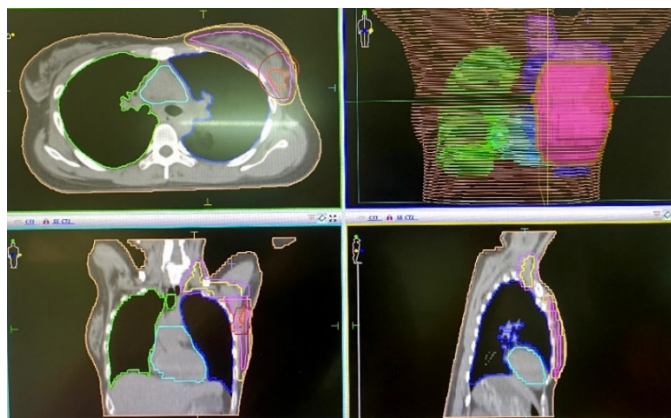
$$Homogeneity\ index = \frac{(D2\% - D98\%)}{D50\%}$$

D2% adalah dosis yang mencakup 2% volume target, D50% adalah dosis yang mencakup 50% volume target, D98% adalah dosis yang mencakup 98% volume target. Nilai HI yang direkomendasikan dalam *treatment planning* adalah 0, tetapi dapat meningkat jika perencanaan kurang homogen. Selanjutnya dilakukan uji statistik untuk mengetahui perbedaan nilai rata-rata dosis OAR jatung dan paru berdasarkan rekomendasi RTOG, serta mengetahui perbedaan nilai rata-rata CI dan HI berdasarkan rekomendasi ICRU dengan nilai p -value 0,05.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Distribusi dosis Organ At Risk (OAR)

Beberapa studi sebelumnya menunjukkan bahwa, tanpa adanya evaluasi dan pemantauan dosis yang komprehensif dapat memicu efek stokastik. Salah satu contohnya adalah risiko terjadinya pneumonitis akibat dosis radiasi yang berlebihan pada penyinaran radiasi kanker payudara. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mengevaluasi nilai dosimetri teknik 3D-CRT secara lebih menyeluruh berdasarkan panduan dari *Radiation Therapy Oncology Group (RTOG)*. Selain itu, dalam penelitian ini juga menganalisis nilai *Conformity Index (CI)* dan *Homogeneity Index (HI)*, yang merupakan indikator kualitas pemberian penyinaran radiasi, kemudian akan membandingkannya



Gambar 1. *Planning Delineasi* Pasien Kanker Payudara

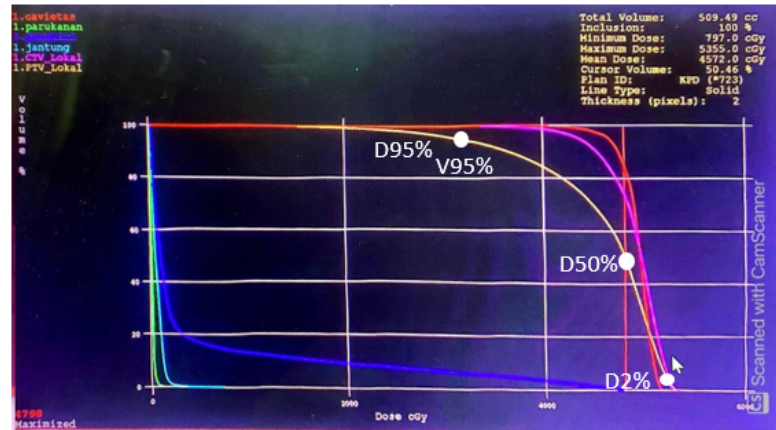
dengan standar rekomendasi dari International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU).

Berdasarkan hasil observasi didapatkan 20 pasien kanker payudara yang dijadikan sampel penelitian dengan menggunakan teknik 3D-CRT. Semua pasien telah dilakukan perencanaan penyinaran dengan menggunakan teknik 3D-CRT dengan dosis total yang diberikan sebanyak 50 Gy (5000 cGy) yang diberikan dalam 25 kali fraksinasi menggunakan energi sebesar 6MV. Berikut hasil delineasi yang dilakukan oleh dokter onkologi radiasi untuk membuat target tumor dan *Organ At Risk* (OAR) seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 1. Setelah proses delineasi selesai dilanjutkan oleh fisikawan medis untuk memasukkan data *planning beam* ke dalam sistem salah satu nya yaitu distribusi dosis pada OAR. Untuk mengetahui nilai OAR

kanker payudara dapat dilihat dari Dose Volume Histogram (DVH) pada komputer TPS. Dilakukan uji normalitas pada setiap parameter OAR didapatkan 4 parameter berdistribusi normal yaitu paru-paru V37%, jantung V33%, jantung V67%, dan jantung *mean* dan 2 parameter berdistribusi tidak normal yaitu paru-paru V100% dan jantung V100%. Selanjutnya data yang berdistribusi normal dilakukan uji *one sample t-test* dan data yang berdistribusi tidak normal dilakukan uji binomial ($p\text{-value} < 0.05$). Berikut data hasil statistik OAR kanker payudara dengan teknik 3D-CRT yang ditunjukkan dalam tabel.1. Hasil statistik pada OAR paru-paru dan jantung. Rata-rata untuk paru-paru V37% yaitu 148.50 ± 21.09 dengan $p\text{-value} 0.00$, rata-rata untuk paru-paru V100% yaitu 7.00 ± 4.70 dengan $p\text{-value} 0.00$, rata-rata untuk jantung V33% yaitu 57.50 ± 23.59 dengan $p\text{-value}$

Tabel 1. OAR Kanker Payudara dengan Teknik 3D-CRT

<i>Organ At Risk</i> (OAR)	Parameter	Mean \pm SD	$p\text{-value}$
Paru-paru	V37%	148.50 ± 21.09	0.00
	V100%	7.00 ± 4.70	0.00
Jantung	V33%	57.50 ± 23.59	0.00
	V67%	46.35 ± 24.19	0.00
	V100%	14.00 ± 9.95	0.00
	Mean	77.70 ± 46.75	0.00



Gambar 2. Dose Volume Histogram (DVH) Pasien Kanker Payudara

value 0.00, rata-rata untuk jantung V67% yaitu 46.35 ± 24.19 dengan p -value 0.00, rata-rata untuk jantung V100% yaitu 14.00 ± 9.95 dengan p -value 0.00, dan rata-rata untuk jantung mean yaitu 77.70 ± 46.75 dengan p -value 0.00. Oleh karena itu, hasil tersebut menunjukkan bahwa terdapat perbedaan antara distribusi dosis OAR yang diterima pasien dengan batasan kriteria yang telah ditetapkan berdasarkan RTOG.

Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Rudra S, dkk bahwa evaluasi perbedaan dosis pada OAR dan volume target didapatkan dosis yang rendah untuk OAR paru-paru dan jantung dengan didukung bahwa *treatment planning* dengan menggunakan pedoman RTOG dapat memberikan hasil dosimetri yang lebih baik [24]. Selain itu, hasil yang sama juga ditemukan oleh Mohammad Azam, dkk bahwa perencanaan pengobatan dengan menggunakan pedoman RTOG pada kasus kanker payudara dapat meningkatkan dosis target volume dengan tetap mempertahankan dosis yang rendah pada paru-paru dan jantung [25]. Menurut peneliti alasan pemberian dosis telah menyesuaikan deliniasi pada volume target sehingga dapat mengurangi dosis radiasi yang diterima oleh OAR. Oleh karena itu nilai OAR yang

didapatkan lebih rendah dari pedoman RTOG [26].

2. Analisis Conformity Index (CI) dan Homogeneity Index (HI)

Analisis nilai *Conformity Index* (CI) dilakukan untuk melihat dosis preskripsi melingkupi seluruh volume target kanker. *Homogeneity Index* (HI) dilakukan untuk melihat homogenitas atau keseragaman distribusi dosis dalam volume target. Semua data volume didapatkan dari PTV yang terdapat dalam kurva *Dose Volume Histogram* (DVH) pada pasien kanker payudara. Pengambilan data dilakukan dengan cara yang sama pada setiap pasien kanker payudara seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.

Pada grafik DVH menampilkan nilai dosis radiasi (cGy) yang diterima PTV dan OAR terhadap volume (%). Kurva PTV ditunjuk dengan warna kuning diperlukan untuk memperoleh nilai yang dibutuhkan dalam perhitungan nilai CI dan HI. Nilai CI dapat diperoleh dengan membagi volume kanker pada 95% dosis diberikan ($V_{95\%}$) dengan volume PTV. Nilai yang diperlukan untuk perhitungan nilai HI yaitu nilai dosis radiasi pada 2%, 50%, 98% volume target.

Data yang sudah terkumpul akan dilakukan analisis statistik. Dilakukan uji normalitas pada

nilai CI dan HI didapatkan kedua-nya berdistribusi tidak normal. Selanjutnya dilakukan uji binomial (p -value < 0.05) untuk menganalisis nilai dari CI dan HI. Berikut data hasil statistik hasil nilai CI dan HI dari *planning* kanker payudara dengan teknik 3D-CRT yang ditunjukkan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Statistik Nilai CI dan HI Kanker Payudara dengan Teknik 3D-CRT

Parameter	Mean \pm SD	p - value
CI	0.94 \pm 0.02	0.00
HI	0.72 \pm 0.21	0.00

Hasil nilai rata - rata untuk CI adalah 0.94 \pm 0.02 dan untuk nilai rata - rata HI adalah 0.72 \pm 0.21. Oleh karena itu berdasarkan pengambilan keputusan H_0 ditolak yang menunjukkan bahwa terdapat perbedaan antara nilai CI dan HI yang diterima pasien dengan batasan kriteria yang telah ditetapkan berdasarkan pedoman ICRU. Hasil untuk HI didapatkan nilai rata - rata 0.721 \pm 0.21 dengan p -value 0.000. Berdasarkan p -value tersebut menunjukkan bahwa H_0 ditolak. Dari data tersebut didapatkan bahwa terjadi penyimpangan terhadap nilai HI karena nilai yang didapatkan tidak sesuai dengan nilai ideal HI yaitu 0. Maka dari itu dosis tidak terdistribusi secara homogen pada target tumor. Hal tersebut dapat disebabkan karena terdapat OAR di sekitar target penyinaran yang lebih diutamakan untuk nilai dosis radiasi [27].

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Samuel Adeneye dan Mutiatul Husni menunjukkan bahwa nilai CI dan HI pada kasus kanker payudara dengan teknik 3D-CRT memiliki nilai rata - rata CI yaitu tidak mendekati angka 1 dan HI tidak mendekati angka 0 [16][23]. Hal ini disebabkan karena kanker payudara berdekatan dengan OAR serta ukuran tumor volume yang kecil sehingga dapat menyebabkan peningkatan pada area *coldspot* dan *hotspot*. Selain itu penggunaan

3D-CRT, dengan pemberian lapangan yang sedikit dapat menyebabkan peningkatan radiasi hambur yang diterima OAR [28]. Oleh karena itu untuk meminimalisir terjadinya penyimpangan nilai CI dan HI menurut Luisa Begnozzi, dkk perlu memastikan prosedur CT Simulator menghasilkan citra yang sesuai rencana pemberian dosis, menggunakan sistem perencanaan 3D-CRT yang dapat mengoptimisasi pemberian dosis radiasi, dan melakukan secara rutin jaminan mutu dan kendali mutu, misal dalam melakukan verifikasi sebelum penyinaran [29]. Keterbatasan dalam penelitian ini hanya menilai CI dan HI pada satu teknik penyinaran. Perlu adanya verifikasi optimisasi pemberian dosis dan perlu adanya perbandingan dengan beberapa teknik penyinaran untuk mengetahui nilai CI dan HI yang lebih optimal.

SIMPULAN

Hasil evaluasi dosimteri pada distribusi dosis OAR pada kasus kanker payudara dengan teknik penyinaran 3D-CRT yaitu paru-paru dan jantung menunjukkan bahwa nilai distribusi dosis yang diterima OAR masih di bawah nilai toleransi pedoman RTOG dengan p -value < 0.05. Untuk hasil analisis nilai CI dan HI pada kasus kanker payudara menggunakan teknik 3D-CRT menunjukkan bahwa terdapat penyimpangan nilai CI dengan p -value < 0.05 Hasil analisis nilai HI menunjukkan bahwa terdapat penyimpangan nilai HI dengan p -value < 0.05 berdasarkan nilai ICRU. Hal ini, menunjukkan bahwa pada penyinaran kanker payudara lebih mengutamakan pemberian dosis radiasi pada target, sehingga penyimpangan dapat terjadi. Oleh karena itu, perlu menentukan prosedur optimisasi saat melakukan perencanaan TPS, serta memastikan verifikasi dan program jaminan mutu sebagai indikator protocol optimisasi dan keselamatan pasien.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. C. Basics *et al.*, “What Is Breast Cancer?”, pp. 1–51.
- [2] W. Farhiyati, R. Subroto, I. W. A. Makmur, N. Qomariyah, and R. Wirawan, “Treatment Planning System (TPS) Kanker Payudara Menggunakan Teknik 3DCRT,” vol. 6, pp. 150–154, 2020.
- [3] M. Scharlier, “The elimination of cancer,” *British Journal of Tuberculosis*, vol. 1, no. 2, pp. 180–181, 1907, doi: 10.1016/S0366-0850(07)80117-7.
- [4] U. L. Syifa Khairunnisa Hero, Program Studi Pendidikan Dokter, Fakultas Kedokteran, “Jurnal Medika Utama,” vol. 03, no. 01, pp. 3–8, 2021.
- [5] T. Taufiqurrahman, S. Rianto, and A. Nugroho Setiawan, “Comparative Analysis of Intensity Modulation Radiation Therapy and Volumetric Modulation Arc Therapy in Brain Tumor Cases to Minimize Radiation Dose to Organs at Risk,” *International Journal of Social Health*, vol. 2, no. 10, pp. 718–724, 2023, doi: 10.58860/ijsh.v2i10.111.
- [6] S. Lutfiarahma, Y. W. Prajoko, F. H. Ningrum, and C. H. Nawangsih, “The Incidence of Radioation Pneumonitis In Breast Cancer Patients Who Received Radiotherapy Using 3-Dimensional Techniques,” vol. 11, pp. 217–220, 2022.
- [7] J. E. S. (2020). Irna, “Komparasi Treatment Planning Berkas Foton Teknik 3 Dimensional – Conformal Radiation Therapy dan Intensity Modulated Radiation Therapy Untuk Kanker Payudara Kiri,” *Prosiding Seminar Nasional Inovasi dan Pendayagunaan Teknologi Nuklir 2020*, vol. ISBN 978-6, no. November, pp. 143–150, 2020.
- [8] A. J. Medford, B. Moy, L. M. Spring, S. A. Hurvitz, N. C. Turner, and A. Bardia, “Molecular Residual Disease in Breast Cancer: Detection and Therapeutic Interception,” *Clinical Cancer Research*, vol. 29, no. 22, pp. 4540–4548, Nov. 2023, doi: 10.1158/1078-0432.CCR-23-0757.
- [9] V. Hernandez *et al.*, “What is plan quality in radiotherapy? The importance of evaluating dose metrics, complexity, and robustness of treatment plans,” *Radiotherapy and Oncology*, vol. 153, pp. 26–33, 2020, doi: 10.1016/j.radonc.2020.09.038.
- [10] S. Aras, T. İkizceli, and M. Aktan, “Dosimetric Comparison of Three-Dimensional Conformal Radiotherapy (3D-CRT) and Intensity Modulated Radiotherapy Techniques (IMRT) with Radiotherapy Dose Simulations for Left-Sided Mastectomy Patients,” *European Journal of Breast Health*, vol. 15, no. 2, pp. 85–89, 2019, doi: 10.5152/ejbh.2019.4619.
- [11] W. Muhammad, A. Hussain, and M. Maqbool, *Basic Concepts in Radiation Dosimetry*, no. February 2018. 2017. doi: 10.1007/978-3-319-61540-0_2.
- [12] C. R. Hansen, M. Hussein, U. Bernchou, R. Zukauskaite, and D. Thwaites, “Plan quality in radiotherapy treatment planning – Review of the factors and challenges,” *Journal of Medical Imaging and Radiation Oncology*, vol. 66, no. 2, pp. 267–278, Mar. 2022, doi: 10.1111/1754-9485.13374.
- [13] S. A. I. Al-Rawi *et al.*, “Evaluation of Conformity and Homogeneity Indices Consistency Throughout the Course of Head and Neck Cancer Treatment with and Without Using Adaptive Volumetric Modulated Arc Radiation Therapy,” *Advances in Radiation Oncology*, vol. 7, no. 5, p. 100905, 2022, doi: 10.1016/j.adro.2022.100905.
- [14] A. Kyroudi, K. Petersson, E. Ozsahin, J. Bourhis, F. Bochud, and R. Moeckli, “Exploration of clinical preferences in

- treatment planning of radiotherapy for prostate cancer using Pareto fronts and clinical grading analysis,” *Physics and Imaging in Radiation Oncology*, vol. 14, no. January, pp. 82–86, 2020, doi: 10.1016/j.phro.2020.05.008.
- [15] D. Petrova, S. Smickovska, and E. Lazarevska, “Conformity index and homogeneity index of the postoperative whole breast radiotherapy,” *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences*, vol. 5, no. 6, pp. 736–739, 2017, doi: 10.3889/oamjms.2017.161.
- [16] S. Adeneye *et al.*, “Evaluation of Three-Dimensional Conformal Radiotherapy and Intensity Modulated Radiotherapy Techniques for Left Breast Post-Mastectomy Patients: Our Experience in Nigerian Sovereign Investment Authority-Lagos University Teaching Hospital Cancer Center, So,” *European Journal of Breast Health*, vol. 17, no. 3, pp. 247–252, 2021, doi: 10.4274/ejbh.galenos.2021.6357.
- [17] O. Febrietri, D. Milvita, and F. Diyona, “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*, vol. 9, no. 1, pp. 110–117, 2020, doi: 10.25077/jfu.9.1.110-117.2020.
- [18] E. Shaw *et al.*, “Radiation therapy oncology group: Radiosurgery quality assurance guidelines,” *International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics*, vol. 27, no. 5, pp. 1231–1239, 1993, doi: 10.1016/0360-3016(93)90548-A.
- [19] I. Report, “ICRU 62 (English),” no. November, pp. 357–360, 1993.
- [20] N. Hodapp, “The ICRU Report No. 83: Prescribing, recording and reporting photon-beam intensity-modulated radiation therapy (IMRT),” *Strahlentherapie und Onkologie*, vol. 188, no. 1, pp. 97–99, 2012, doi: 10.1007/s00066-011-0015-x.
- [21] P. Qingya, F. Yizhong, Z. Fuke, L. Shengjie, T. Linzhao, and L. Yuling, “Standard-Deviation Based Conformity Index for Evaluating Treatment Plan of Intensity Modulated Radiotherapy in Lung Cancer,” *Radiation Protection Dosimetry*, vol. 199, no. 2, pp. 87–94, 2023, doi: 10.1093/rpd/ncac228.
- [22] G. Patel, A. Mandal, S. Choudhary, R. Mishra, and R. Shende, “Plan evaluation indices: A journey of evolution,” *Reports of Practical Oncology and Radiotherapy*, vol. 25, no. 3, pp. 336–344, 2020, doi: 10.1016/j.rpor.2020.03.002.
- [23] M. Husni, M. A. Shafii, R. Adrial, and M. Ilyas, “Analisis Perbandingan Nilai Conformity Index dan Homogeneity Index pada Teknik 3D-CRT dan IMRT pada Kasus Kanker Payudara Berdasarkan Hasil TPS di RS UNAND,” *Jurnal Fisika Unand*, vol. 10, no. 4, pp. 511–517, 2021, doi: 10.25077/jfu.10.4.511-517.2021.
- [24] S. Rudra, H. A. Al-Hallaq, C. Feng, S. J. Chmura, and Y. Hasan, “Effect of RTOG breast/chest wall guidelines on dose-volume histogram parameters,” *Journal of Applied Clinical Medical Physics*, vol. 15, no. 2, pp. 127–137, 2014, doi: 10.1120/jacmp.v15i2.4547.
- [25] M. Azam, A. Agrawal, K. Sahni’s, S. Farzana, M. Rastogi, and A. Rathi, “Target volume coverage in clinically designed radiotherapy plan of post-mastectomy adjuvant radiotherapy of breast cancer patients in comparison with radiation therapy oncology group-based contoured plan: A dosimetric study,” *Journal of Cancer Research and Therapeutics*, vol. 14, no. 7, pp. 1525–1534, 2018, doi: 10.4103/jcrt.JCRT.
- [26] G. Loganadane *et al.*, “Comparison of Nodal Target Volume Definition in Breast

- Cancer Radiation Therapy According to RTOG Versus ESTRO Atlases: A Practical Review from the TransAtlantic Radiation Oncology Network (TRONE),” *International Journal of Radiation Oncology Biology Physics*, vol. 107, no. 3, pp. 437–448, 2020, doi: 10.1016/j.ijrobp.2020.04.012.
- [27] M. I. S *et al.*, “Analisis Perencanaan Radioterapi Menggunakan Teknik Intensity Modulated Radiotherapy (IMRT) pada Pasien Kanker Serviks,” vol. 12, no. 1, pp. 165–171, 2023.
- [28] H. Liu, X. Chen, Z. He, and J. Li, “Evaluation of 3D-CRT, IMRT and VMAT radiotherapy plans for left breast cancer based on clinical dosimetric study,” *Computerized Medical Imaging and Graphics*, vol. 54, pp. 1–5, 2016, doi: 10.1016/j.compmedimag.2016.10.001.
- [29] L. Begnozzi *et al.*, “Quality assurance of 3D-CRT: Indications and difficulties in their applications,” *Critical Reviews in Oncology/Hematology*, vol. 70, no. 1, pp. 24–38, 2009, doi: 10.1016/j.critrevonc.2008.07.016.