

Pergeseran Verifikasi Geometri Kasus Kanker Payudara Teknik 3D-CRT menggunakan On Board Imager (OBI)

Sasa Herdiyani¹, Nurbaiti¹, Mahfud Edy Widiatmoko¹, Nursama Heru Apriantoro¹

¹Jurusan Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi, Poltekkes Kemenkes Jakarta II, Indonesia

Corresponding author: Sasa Herdiyani

Email: herdianisasa115@gmail.com

ABSTRACT

Background: this research is one of the efforts to ensure the accuracy of the irradiation field in breast cancer cases with 3D-CRT technique by verifying the geometry using *On Board Imager* (OBI), therefore the dose received is exactly right on the target during the treatment and can reduce the impact that will be caused.

Methods: The type of this research is used qualitative research method, the study was undertaken starting from January up to May 2023 at a radiotherapy installation of one of Jakarta regional hospitals. As for the samples taken were 40 breast cancer patients, using primary data in the form of observation and interviews and secondary data is in the form of the patient's data who had already completed the treatment.

Results: this research showed that there is a shift in the irradiation field that exceeds the tolerance limit at X, Y and Z coordinates, and this verification in 3-DCRT technique is accordingly carried out at multiples of 10 for each irradiation, which is precisely executed at the fractions of 1, 10 and 21.

Conclusions: showed that there is an excessive shift in the geometry verification carried out on the related samples to exceed the established tolerance limits (> 0.5 cm). This occurs due to several random errors such as the loss of markers in the patient's body or systematic errors due to mismatches between procedures during radiation planning and when radiation irradiation is carried out.

Keyword : verification, geometry shift, breast cancer, On Board Imager (OBI)

Pendahuluan

Radioterapi merupakan salah satu cabang kedokteran yang digunakan untuk pengobatan kanker dengan memanfaatkan sinar radiasi pengion berenergi tinggi yang diarahkan ke tumor untuk merusak/membunuh sel kanker (R. Susworo, 2017). Tujuan pemberian radiasi pada radioterapi ini adalah untuk memberikan dosis semaksimal mungkin pada sel kanker dan memberikan dosis pancaran radiasi seminimal mungkin pada organ sehat disetarnya, hal ini dilakukan untuk meminimalkan kerusakan pada organ sehat sekitar oleh karena itu pemberian dosis yang tepat dan akurat pada target dan volume tumor sangat diperhatikan (Eduardo & Eduardo, 2017). Pancaran sinar radiasi yang diberikan ini, dinilai sukses baik untuk mengobati nyeri pada pasien kanker payudara, mengecilkan massa tumor dan juga meredakan pendarahan yang terjadi (Bomford et al., 2019).

Terapi radiasi untuk pengobatan kanker kini telah banyak dilaksanakan dengan berbagai teknik mulai dari 2 *Dimensional radiation therapy* (2D-

RT), 3 *Dimensional Conformal Radiation Therapy* (3D-CRT), *Intensity modulated Radiation Therapy* (IMRT) dan *Volumetric Modulated Arc Therapy* (VMAT). Teknik 3D-CRT salah satunya merupakan pilihan pengobatan karena dinilai lebih baik dalam menjangkau cakupan volume target dan menurunkan efek toksisitas pada organ normal lebih optimal dibandingkan dengan teknik 2D-RT (Kodrat et al., 2018). Teknik 3D-CRT terbukti menghasilkan berkas sinar yang lebih kompleks sehingga dapat meningkatkan homogenitas dan mengurangi dosis pada jaringan sehat disekitar tumor. Proses perencanaan dan pemberian radiasi pada teknik ini mengacu pada data volumetric pencitraan 3D dan penyesuaian bentuk lapangan disesuaikan dengan bentuk tumornya (konformal) yang dibentuk menggunakan Multileaf Collimator (MLC).

Verifikasi merupakan tahapan yang paling penting untuk mencapai keberhasilan pengobatan (Ehsani et al., 2019). Terdapat dua jenis verifikasi pada radioterapi yaitu verifikasi geometri untuk memastikan memastikan sinar radiasi pada posisi yang tepat dan verifikasi dosimetri untuk

memastikan dosis radiasi yang diberikan akurat (Hoskin, P Gaze M, 2016). Verifikasi geometri digunakan sebagai bahan evaluasi untuk memastikan ketepatan titik pergeseran geometri pada lapangan penyinaran yang akan diradiasi. Berdasarkan studi pengamatan yang dilakukan oleh IAEA (International Atomic Energy Agency) menunjukkan bahwa kesalahan dalam penempatan keakuratan lapangan penyinaran yang sering kali dilakukan berkisar di 5 mm atau lebih kecil, oleh karena itu batas toleransi yang ditetapkan dalam verifikasi pada portal imaging ditetapkan pada nilai 5 mm atau ≤ 3 mm pada teknik yang lebih tinggi (IAEA, 2016).

Pelaksanaan verifikasi pada *On Board Imager* (OBI) di operasikan dengan menggabungkan dua gambaran citra, citra yang pertama dihasilkan dari gambaran *Digital Reconstructed Radiograph* (DRR) yang didapat dari CT Simulator dan citra kedua diperoleh saat pasien akan melakukan penyinaran. kedua gambar harus tegak lurus satu sama lain agar bisa disamakan, gambar yang digunakan biasanya dalam bentuk proyeksi Antero Posterior (AP) dan lateral. Pada gambaran AP untuk menilai pergeseran lapangan penyinaran lateral dan longitudinal, sedangkan gambaran lateral untuk pergeseran lapangan penyinaran vertikal dan longitudinal (Listyawan et al., 2018). Pengaturan posisi pasien atau patient set up merupakan hal yang harus diperhatikan saat pelaksanaan verifikasi. Bentuk *patient set up* berupa titik koordinat x, y dan z yang masing-masing memiliki nilai positif (+) dan negatif (-) yang kemudian nilai ini bertujuan sebagai petunjuk arah pergeseran meja pemeriksaan pada saat terapi radiasi.

Titik koordinat X merupakan bentuk nilai dari pergeseran meja lateral kiri-kanan. Apabila pada titik koordinat X memiliki nilai (+) maka pergerakan meja diarahkan ke kiri dari gantri, sedangkan jika titik koordinat X bernilai (-) maka pergerakan meja ke arah kanan dari gantri. Titik koordinat Y memiliki arti dari bentuk nilai pergeseran meja secara vertikal. Apabila pada titik koordinat Y memiliki nilai (+) maka pergerakan meja ke arah posterior dari posisi pasien, sedangkan jika titik koordinat Y bernilai (-) maka pergerakan meja ke arah anterior dari posisi pasien. Dan titik koordinat Z memiliki makna dari bentuk nilai pergeseran meja arah longitudinal baik ke arah cranial ataupun caudal. Apabila pada titik koordinat Z memiliki nilai (+) maka pergerakan meja diarahkan ke arah caudal dari gantri, sedangkan jika titik koordinat Z bernilai (-) maka pergerakan meja ke arah cranial dari gantri (Djordjevic, 2016).

Ketidakpastian geometri pada waktu radiasi diberikan dipengaruhi oleh beberapa faktor yang seringkali terjadi. Meskipun begitu, terdapat cara untuk mengatasi ketidakpastian geometri ini dengan menambahkan margin PTV terhadap CTV, yang pada akhirnya akan mengakibatkan peningkatan pada volume jaringan yang diradiasi sehingga dampaknya akan terjadi pula kemungkinan peningkatan toksisitas radiasi. Oleh karena itu, mengetahui kemungkinan variasi geometri 3 dimensi pada pasien selama penyinaran merupakan hal penting untuk bisa memberikan radiasi yang akurat (Hoskin, P Gaze M, 2016).

Adapun penelitian serupa di tahun 2017 oleh Heru & Panjaitan, verifikasi pergeseran titik koordinat menggunakan *Cone Beam Computed Tomography* (CBCT) terhadap 15 pasien kanker payudara. Hasil penelitian menunjukkan adanya pergeseran pada titik titik koordinat Y melebihi batas toleransi yang telah ditetapkan IAEA *Human Health Series* No. 31 Tahun 2016 sebesar 0,3 cm (Heru & Panjaitan, 2017). Xiao Qi et al di tahun 2023 melakukan penelitian mengenai Study Verifikasi Dosimetri dan Geometri pada Kasus Kanker Esofagus antara teknik IMRT dan VMAT, hasilnya menunjukkan bahwa penggunaan teknik VMAT pada kanker esofagus merupakan perawatan yang efektif dan lebih aman dibanding menggunakan teknik IMRT (Guo et al., 2023). Milvita, Dian dan Hadi juga telah melakukan penelitian di tahun 2018 terkait Verifikasi geometri dan index gamma menggunakan EPID dengan multi cube sebagai phantom. Hasilnya menunjukkan bahwa verifikasi geometri memperoleh nilai yang sangat baik dengan tidak melebihi batas toleransi yaitu 0,3 cm (Hadi & Milvita, 2018). Selanjutnya pada tahun 2020, Anggi dkk melakukan penelitian mengenai konsistensi titik isocenter laser pada saat melakukan verifikasi pergeseran menggunakan *On Board Imager* (OBI) pada organ pelvis dengan alat fiksasi dan tanpa alat fiksasi. Hasil penelitian menunjukkan konsistensi pergeseran organ pelvis dengan alat fiksasi mendapatkan hasil yang lebih baik dibandingkan yang tidak menggunakan alat fiksasi (Rinaldi et al., 2020).

Pada penelitian ini verifikasi pergeseran geometri dilakukan menggunakan *On Board Imager* (OBI) yang telah tersedia pada pesawat Linac. Penggunaan OBI pada penelitian ini dikarenakan Perolehan citra OBI didapat melalui portal berbasis film siap pakai atau Autoradiograph Quality Films, menjadikan Kualitas gambar yang dihasilkan memperlihatkan keoptimalan baik dari segi penilaian detail, ketajaman gambar dan kontras

jika dibandingkan dengan penggunaan radiograf 2 dimensi.

Metode

Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode kualitatif bersifat deskriptif analitik untuk mengidentifikasi verifikasi harian pada pasien kanker payudara berupa pergeseran lapangan penyinaran dengan menggunakan *On Board Imager* (OBI). Pengambilan data dilakukan pada bulan Januari hingga Mei 2023, bertempat di Salah Satu Instalasi Radioterapi Rumah Sakit Daerah Jakarta. Penelitian ini menggunakan 40 sampel data hasil verifikasi pasien dari seluruh populasi pasien kanker payudara yang menggunakan alat verifikasi *On Board Imager* (OBI). Data-data dari sampel dikumpulkan dengan menggunakan cara observasi langsung dan wawancara serta hasil data verifikasi yang telah tersimpan di komputer Linac terkait hasil verifikasi pasien.

Hasil dan Pembahasan

Verifikasi dilakukan dihari pertama sebelum penyinaran/treatment dilakukan. Sebelum melakukan verifikasi, pastikan bahwa pasien telah melaksanakan simulasi di ruangan CT simulator. Sebab image data yang akan dicocokkan salah satunya berasal dari proses CT simulator, dimana pasien melakukan perencanaan untuk penyinaran yang selanjutnya gambar tersebut diolah oleh tim

fisika medis di TPS (*Treatment planning System*) untuk proses penghitungan dosis yang sesuai lalu barulah data tersebut dikirim ke LINAC.

Cara melakukan verifikasi pada linac yaitu klik 2D/2D (mode up 2D/2D) pada monitor komputer. Klik download axis, kemudian klik anatomical, pada opsi ini pilih anatomi yang sesuai dengan organ yang ingin di verifikasi. Tekan tombol OBI motion enable dan auto secara bersamaan untuk mengeluarkan detector dan OBI tube dari posisi parking. Selanjutnya tekan tombol expose (tidak boleh dilepas hingga proses pemindai selesai) hingga terlihat gambaran anatomi dari keseluruhan thorax/mammae posisi lateral dan antero posterior. Kembalikan detector dan OBI tube ke posisi parkir setelah digunakan dengan memutar arah gantri ke 0 terlebih dahulu lalu tekan tombol OBI motion enable dan auto secara bersamaan. Klik analyze, kemudian cocokkan gambar verifikasi dengan gambaran yang sudah ada pada saat simulasi dengan cara menggeser gambaran thorax/mammae dalam kotak agar sesuai dengan gambar latar belakangnya (hasil ct-scan). Untuk melihat besar kecilnya pergeseran tertera pada kolom shift di monitor. Setelah itu klik done dan apply.

Tabel 1 menunjukkan data pergeseran verifikasi geometri lapangan penyinaran titik koordinat x, y dan z pada 40 sampel pasien dengan kasus kanker payudara. Pada blok berwarna kuning tampak pergeseran yang melebihi batasan toleransi sesuai standar IAEA No. 31 tahun 2016 yaitu sebesar 0,5 cm.

Table 1. Hasil nilai verifikasi pergeseran pada koordinat titik x, y dan z pada pasien kanker payudara

Pasien	Fraksi 1			Fraksi 11			Fraksi 21		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
1	-0,5	+0,2	-0,3	+0,2	-0,8	+0,8	+0,7	+0,5	+0,8
2	-0,7	-0,8	+1,6	0	-1,1	-0,1	-0,6	+0,8	+0,3
3	0	-0,4	+1,1	+0,3	+0,7	0	+0,5	+0,3	-0,4
4	-1,6	+0,3	-0,1	-0,4	-0,3	+0,3	+0,6	+0,1	+0,3
5	0	+0,6	0	+0,2	+0,4	+0,2	-0,4	+0,1	0
6	-1,7	+0,7	-1,2	0	+0,2	0	-1,3	-0,1	-0,4
7	+0,7	-0,1	-1,3	+0,3	-0,2	-0,2	-0,6	-0,1	-1,0
8	-0,3	-0,7	-0,4	-1,3	-0,1	+1,3	+0,2	0	0
9	+0,9	0	+1,1	+0,4	-0,1	-0,5	+0,1	-0,6	-0,4
10	+0,5	-0,3	-0,4	0	-0,5	+0,3	+0,8	+0,6	+0,4
11	+0,5	+0,3	+0,1	+0,2	+0,6	-0,6	+0,4	0	0
12	+0,7	-0,5	-1,1	0	0	0	-0,4	+0,6	+0,2
13	-0,2	-1,1	-1,3	-0,1	-0,5	0	+0,6	+1,0	+1,0

Pasien	Fraksi 1			Fraksi 11			Fraksi 21		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
14	0	-0,3	0	-0,2	+0,7	+0,6	0	-1,4	-1,0
15	+0,5	-0,5	+0,9	+0,5	+0,2	+0,5	+0,5	+0,6	-0,1
16	+0,7	-0,4	+0,3	-0,2	0	+0,4	-0,2	0	+0,4
17	+0,5	-1,3	0	+0,4	+0,1	-0,2	0	+0,6	+0,7
18	-1,4	+0,8	+1,8	+0,1	+0,1	-0,5	0	0	+1,0
19	-0,4	-0,1	-0,2	+1,4	0	0	-0,9	+0,8	-0,9
20	+0,8	+0,8	-0,7	-0,4	0	-0,6	-0,5	-0,9	-1,7
21	-1,8	-1,2	-1,2	+1,6	+0,6	-1,2	-0,9	0	+0,3
22	-0,3	-0,4	+0,6	-0,3	0	-0,3	+0,2	0	+0,7
23	-0,1	+0,3	+0,9	+0,2	+0,1	+0,1	+0,4	0	-0,1
24	+0,6	-0,1	+0,2	0	-0,1	0	+0,6	+0,7	-2,0
25	-0,3	-0,5	+0,2	+0,8	+0,2	-0,8	+0,8	+0,7	+0,5
26	+0,1	+0,3	-0,9	-0,1	-0,2	-0,1	-0,1	0	-0,7
27	-1,4	-1,8	-1,1	0	+0,4	+0,3	+0,1	+0,3	-0,9
28	0	-0,1	+0,8	+0,3	0	-0,5	+0,7	-1,2	-1,7
29	-0,4	+0,5	-0,3	+0,3	0	-0,5	+0,4	+0,8	+0,6
30	+0,7	-0,3	+1,1	0	-0,3	-0,4	-0,2	+0,2	-0,3
31	-1,0	-0,5	-1,0	+0,3	+0,8	+0,4	+0,2	+0,5	0
32	+1,7	-0,4	-1,3	+0,4	0	-0,6	+0,4	0	-0,6
33	-1,1	-0,6	+0,7	-0,3	0	-0,7	-1,2	0	+0,9
34	-1,2	-0,5	0	0	0	0	+0,4	+0,2	0
35	-0,2	0,1	-0,1	+0,8	0	-0,3	0	0	0
36	-0,4	0	0	+0,6	+0,1	0	+0,5	0	+0,1
37	0	+2,2	0	+1,1	0	+0,4	-0,4	0	-1,5
38	-0,9	+1,0	-1,0	0,1	-1,2	-0,1	-0,4	0	+0,1
39	+0,1	+0,5	+0,3	-0,6	+0,2	+0,6	0	+0,4	0
40	+1,0	-1,3	+0,7	-0,4	0	-0,7	0	+0,2	0

Pada tabel 2 menunjukkan data frekuensi dan nilai rata-rata dari pasien yang memiliki pergeseran melebihi batas toleransi yang didominasi pada fraksi pertama, yakni verifikasi pertama sebelum penyinaran radiasi diberikan kepada pasien dan

pada fraksi ke 21 yang merupakan verifikasi terakhir yang dilakukan sebelum menyelesaikan 25 kali fraksi penyinaran radiasi total pada pasien dengan kasus kanker payudara.

Table 2. Data frekuensi dan nilai rata-rata hasil verifikasi geometri pergeseran lapangan radiasi yang melebihi batas toleransi

Titik Koordinat	Fraksi 1	Rata-rata	Fraksi 11	Rata-rata	Fraksi 21	Rata-rata
X	19 pasien	1,2 cm	8 pasien	1,0 cm	13 pasien	0,8 cm
Y	14 pasien	1,6 cm	8 pasien	0,9 cm	14 pasien	0,8 cm
Z	22 pasien	1,2 cm	11 pasien	0,7 cm	17 pasien	1,0 cm

Keterangan: * X = lateral, Y = vertikal, Z = Longitudinal

Beberapa faktor yang menyebabkan pergeseran berdasarkan hasil observasi dan wawancara yang dilakukan oleh peneliti terhadap petugas radioterapis diantaranya:

1. Hilangnya tanda marker di tubuh pasien, Hal ini terjadi akibat kurangnya perhatian pasien untuk menjaga tanda marker di tubuh. Jika tanda marker tersebut hilang, maka proses penyinaran tidak bisa dilakukan dan pasien harus melakukan simulasi ulang.
2. Positioning error, kesalahan dalam memposisikan pasien biasa diakibatkan karena petugas kurang teliti dalam pengerjaannya. Seperti posisi pasien yang kurang fix dan penempatan fiksasi yang tidak pada tempatnya membuat alat fiksasi meleset atau mudah geser
3. Pasien yang kurang kooperatif, pasien kanker payudara dengan luka basah maupun yang mengalami pembengkakan dan pendarahan biasanya menyebabkan petugas kesulitan dalam memposisikan pasien di meja pemeriksaan secara tepat.
4. Set up error, pada verifikasi awal di penyinaran hari pertama yang dinilai wajar karena pergeseran tersebut adalah dampak dari penyesuaian kontur yang telah dibuat oleh dokter dan sudah dihitung oleh tim fisikawan medis.
5. Pengaruh perubahan berat badan, hal ini dikarenakan pengobatan radioterapi menggunakan jumlah radiasi yang besar seringkali terdapat beberapa pasien yang mengalami penurunan berat badan yang diakibatkan oleh efek samping selama menjalani terapi radiasi maupun akibat efek obat-obatan yang dikonsumsi pasien selama menjalani pengobatan.
6. Kesalahan pada laser, Pencocokan laser satu dengan yang lain yang kurang tepat sehingga membuat laser tampak berbayang terkadang menjadi penyebab terjadinya pergeseran
7. Faktor komunikasi yang buruk. ejelasan dalam berkomunikasi merupakan hal yang sangat penting antar petugas radioterapis dengan pasien. Jika komunikasi tidak terjalin dengan baik petugas akan mengalami

kesulitan dalam memposisikan pasien sehingga proses penyinaran pun terganggu.

Adanya pergeseran pada verifikasi geometri yang melebihi batas toleransi berdasarkan hasil wawancara didominasi dengan faktor hilangnya tanda marker yang telah diberikan petugas pada tubuh pasien. Hal tersebut disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya yaitu faktor gesekan antara kulit pasien dengan pakaian yang dikenakan pasien membuat tanda semakin memudar dan hilang, faktor terkena air keringat sehingga pada saat tubuh pasien berkeringat tanda marker pun ikut meluruh/luntur dan faktor lainnya pasien mandi (Pradana, 2022). Pasien yang sedang menjalani proses terapi radiasi umumnya tidak boleh terkena air di bagian tubuh pada daerah penyinarannya. Penyebab lainnya yang menyebabkan pergeseran diakibatkan oleh positioning error (Petrarizky & Gondhowiardjo, 2015) yang dilakukan petugas radioterapis baik disebabkan oleh petugas yang kurang teliti saat memposisikan pasien seperti peletakkan fiksasi bergeser atau tidak sesuai sehingga posisi pasien kurang presisi maupun kesalahan dari pasien itu sendiri, seperti pasien yang kurang kooperatif dalam menjalani proses penyinaran menyebabkan adanya pergerakan acak selama proses verifikasi berlangsung. Ketidakooperatifan pasien biasanya juga disebabkan oleh kondisi umum pasien yang kurang baik seperti adanya pendarahan, pembengkakan atau luka basah di area yang akan disinari sehingga petugas radioterapis sulit melakukan positioning pasien. selanjutnya penyebab seperti set up error, pengaruh perubahan yang disebabkan kenaikan atau penurunan berat badan oleh pasien (Hoskin, P Gaze M, 2016), dan lainnya yaitu kejadian kesalahan pada sinar laser juga kerap kali terjadi sehingga menyebabkan pergeseran berlebih (Riboldi et al., 2004).

Berdasarkan hasil wawancara yang telah dilakukan oleh petugas raditerapis demi meminimalisir besarnya pergeseran pada verifikasi geomteri adalah sebagai berikut:

1. Memberikan saran kepada pasien untuk melapisi tanda marker di tubuh pasien menggunakan plaster tegaderm transparan anti air yang dijual bebas agar tanda marker tidak mudah hilang.

2. Melakukan positioning dengan tepat terhadap pasien, menyesuaikan tanda pada tubuh pasien dengan laser dan meletakkan alat fiksasi dengan tepat.
3. Memperhatikan nilai titik koordinat X, Y dan Z sesuai dengan set up pasien yang tertera di layar monitor di dalam ruangan penyinaran.
4. Menyediakan pakaian khusus yang dapat dikenakan pasien saat akan menjalani proses penyinaran untuk memudahkan petugas dalam memposisikan pasien.
5. Mengarahkan pasien untuk menjalani cek laboratorium berkala setiap 5 kali fraksi untuk meninjau kondisi pasien.
6. Melakukan kalibrasi/pengecekan alat harian secara rutin setiap pagi sebelum menjalani penyinaran yang dilakukan oleh tim fisikawan medis dan petugas radioterapis. Alat yang di cek yaitu laser, meja pemeriksaan (couch), Lapangan kolimator, OBI dan detector.
7. Melakukan komunikasi dengan baik kepada pasien secara jelas dengan bahasa yang mudah dimengerti, sehingga memudahkan petugas dalam memposisikan pasien dan memberi arahan terkait apa-apa yang boleh dan tidak boleh dilakukan pada saat penyinaran berlangsung.

Simpulan

Didapatkan adanya pergeseran yang melebihi batasan toleransi $> 0,5$ cm pada hasil verifikasi geometri yang dilakukan oleh 40 pasien dengan kasus kanker payudara menggunakan *On Board Imager* (OBI). Terjadinya pergeseran berlebih ini di dominasi pada penerapan verifikasi saat pertama kali dilakukan di fraksi 1 dan verifikasi terakhir di fraksi ke 21. Adapun penyebab dari pergeseran ini banyak disebabkan oleh beberapa hal yang termasuk dari kategori kesalahan sistematis dan kesalahan random/acak.

Daftar Pustaka

Bomford, C. K., Kunkler, I. H., Walter, J., & Miller, H. (2019). Walter and Miller's Textbook of radiotherapy : radiation physics, therapy, and oncology. In *Radiotherapy and Oncology* (Eight). Elsevier Health Sciences.

Djordjevic, M. (2016). Evaluation of Geometric Accuracy and Image Quality of an On-Board Imager (OBI). *Environ Sci Technol*.

Eduardo, R., & Eduardo, Z. (2017). Radiotherapy in cancer care: Facing the Global Challenge.

Journal of Hepatology, 21(4), 634–640.

Ehsani, O., Pouladian, M., Toosizadeh, S., & Aledavood, A. (2019). Registration and fusion of 3D surface data from CT and ToF camera for position verification in radiotherapy. *SN Applied Sciences*, 1(11), 1–12. <https://doi.org/10.1007/s42452-019-1350-2>

Guo, X.-Q., Mao, R.-H., Liu, B., & Ge, H. (2023). Study on esophageal cancer radiotherapy dosimetry and position verification for volumetric modulated arc therapy. *Asian Journal of Surgery*, 46(1), 120–125. <https://doi.org/10.1016/j.asjsur.2022.02.001>

Hadi, B. S. W., & Milvita, D. (2018). Verifikasi Luas Lapangan Radiasi penyinaran Linac Tipe Clinac CX Terintegrasi Electronic Portal Imaging Device (EPID) Menggunakan Teknik IMRT Di RSP Universitas Andalas. *Jurnal Fisika Unand*, 7(4), 334–338. <https://doi.org/10.25077/jfu.7.4.334-338.2018>

Heru, N., & Panjaitan, A. (2017). Evaluasi Verifikasi Lapangan Penyinaran Pada Kanker Payudara Menggunakan Teknik Intensity Modulated Radiotherapy Dengan Berbagai Fraksi. *Jurnal Penelitian Sainstek*, 22(1), 8. <https://doi.org/10.21831/jps.v22i1.14700>

Hoskin, P Gaze M, G. T. (2016). *On target : ensuring geometric accuracy in radiotherapy*. Royal College of Radiologists. [http://www.rcr.ac.uk/docs/oncology/pdf/BFCO\(08\)5_On_target.pdf](http://www.rcr.ac.uk/docs/oncology/pdf/BFCO(08)5_On_target.pdf)

IAEA. (2016). IAEA Human Health Series No. 31 Accuracy Requirements and Uncertainties in Radiotherapy. *International Atomic Agency*, 82(2), 320–322. https://doi.org/10.1111/insr.12068_10

Kodrat, H., Susworo, R., Amalia, T., & Sabariani, R. R. (2018). Radioterapi Konformal Tiga Dimensi dengan Pesawat Cobalt-60. *Radioterapi & Onkologi Indonesia*, 7(1), 37–42. <https://doi.org/10.32532/jori.v7i1.43>

Listyawan, S., Masrochah, S., & Indrati, R. (2018). Perbandingan Verifikasi Geometri Pada Teknik 3d Konformal Radioterapi Dengan Kasus Kanker Nasofaring Di Unit Radioterapi Instalasi Radiologi Rsup Dr. Sardjito Yogyakarta. *Jurnal Imejing Diagnostik*, 4(1), 29–34.

Petrarizky, A. J., & Gondhowiardjo, S. A. (2015). *Akurasi Geometri Pasien yang Menjalani Radioterapi Stereotaktik di Departemen Radioterapi RSCM*. 6(1), 1–10.

Pradana, R. S. (2022). *Analisa Ketepatan Lapangan Radiasi (Verifikasi) pada Pelaksanaan Radiasi Eksterna Kanker Serviks di Instalasi*

- Radioterapi Rumah Sakit Pusat Kanker Nasional "Dharmais" Tahun 2022.* Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. Hamka.
- R. Susworo. (2017). *Dasar - Dasar Radioterapi Tata Laksana Radioterapi Penyakit kanker.* UI Press.
- Riboldi, M., Baroni, G., Orecchia, R., & Pedotti, A. (2004). Enhanced Surface Registration Techniques for Patient Positioning Control in Breast Cancer Radiotherapy. *Technology in Cancer Research and Treatment*, 3(1), 51–58. <https://doi.org/10.1177/153303460400300106>
- Rinaldi, A., Apriantoro, N. H., & Sari, G. (2020). Analisis Konsistensi Titik Isocenter Laser Pada Penyinaran Organ Pelvis Dengan Teknik 3D-CRT Di Instalasi radioterapi RS Kanker Dharmais. *Prosiding Seminar Nasional Dan Call For Papers Jurusan Teknik Radiodiagnostik Dan Radioterapi Poltekkes Kemenkes Jakarta II, October.* <https://www.researchgate.net/publication/344678247>