

*Original paper*

## **EVALUASI INDEKS GAMMA PADA TEKNIK PENYINARAN INTENSITY MODULATED RADIATION THERAPY (IMRT) UNTUK KANKER PAYUDARA MENGGUNAKAN ELECTRONIC PORTAL IMAGING DEVICE (EPID)**

*Astrid Ariguntar<sup>1</sup>, Syamsir Dewang<sup>1\*</sup>, Sri Dewi Astuty<sup>1</sup>, Saleha<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin*

<sup>2</sup>*Instalasi Radioterapi Rumah Sakit TK. II Pelamonia Makassar, Indonesia*

Email: [dewang1163@gmail.com](mailto:dewang1163@gmail.com)

*Received: 20 Desember 2024; revised: 20 Januari 2025; accepted: 24 Januari 2025*

### **ABSTRAK**

*Studi ini bertujuan untuk mengevaluasi indeks gamma pada Intensity Modulated Radiation Therapy (IMRT) untuk kanker payudara menggunakan Electronic Portal Imaging Device (EPID). Hasil penelitian didapatkan pada verifikasi indeks gamma pada lima pasien kanker payudara didapatkan pada pasien 1 dengan nilai GPR  $86\% \pm 0,24$ , pasien 2 dengan nilai GPR  $74\% \pm 0,17$ , dan pasien 4 dengan nilai GPR  $87\% \pm 0,21$ . Adapun pasien 3 dan 5 memiliki nilai GPR  $\geq 95\%$  yang mendapatkan masing-masing 100% dan 99% dengan nilai Standar Deviasi  $\leq 1$ . Berdasarkan hasil tersebut, EPID dapat digunakan sebagai alat dosimetri yang efektif untuk evaluasi distribusi dosis secara real-time. Dengan verifikasi ini, diharapkan tingkat keakuratan penyinaran dapat ditingkatkan, sehingga efektivitas terapi pada pasien kanker payudara menjadi lebih optimal.*

**Kata Kunci:** *Linear Accelerator (Linac), Indeks Gamma, Intensity Modulated Radiation Therapy (IMRT), Electronic Portal Imaging Device (EPID)*

### **PENDAHULUAN**

Kanker adalah salah satu penyebab utama kematian di dunia. Penyakit ini terjadi ketika sel-sel tubuh tumbuh secara cepat dan tidak terkendali, membentuk sel baru yang tidak sempurna dan bersifat ganas [1,2]. Kanker payudara adalah tumor ganas yang berkembang di jaringan payudara, berasal dari lapisan epitel duktus atau lobulus [3]. Metode pengobatan kanker payudara dapat dilakukan dengan pembedahan, kemoterapi, terapi hormon, dan radioterapi [4].

Sekitar 10,9 juta orang di seluruh dunia didiagnosis dengan kanker setiap tahunnya, dan sekitar 50% di antaranya memerlukan radioterapi. Radioterapi

merupakan prosedur medis yang menggunakan radiasi pengion untuk menghancurkan sel kanker sebisa mungkin dengan kerusakan yang minimal. Pengobatan ini diberikan melalui teleterapi, yaitu metode yang menggunakan sumber radiasi pada jarak tertentu dari tubuh pasien [5].

Teknik penyinaran teleterapi yang saat ini digunakan *Three Dimensional Reconstruction Technique (3DRCT)* [6]. Adapun teknik pengobatan radioterapi modern teknik *Intensity Modulated Radiation Therapy (IMRT)*, dan *Volumetric Modulated Arc Therapy (VMAT)*,

menghasilkan distribusi dosis yang sangat tepat [7].

Pengobatan menggunakan *Linear Accelerator* (LINAC) memiliki potensi untuk memberikan dosis yang kurang tepat saat perawatan pada pasien dengan dosis yang telah direncanakan, sehingga perlu dilakukan verifikasi dosis. Verifikasi dosis dilakukan menggunakan nilai indeks gamma, indeks gamma adalah perbedaan distribusi dosis pada *Treatment Planning System* (TPS) dengan dosis yang direncanakan. Verifikasi ini berdasarkan standar *International Atomic Energy Agency* (IAEA) Human Health Series No. 31 Tahun 2016 [8].

Beberapa alat dosimeter yang dapat digunakan untuk verifikasi dosis yaitu film EBT2, film EBT3, *Ionization Chamber*, dan *Electronic Portal Imaging Device* (EPID). Dalam penelitian ini, EPID digunakan karena perangkat ini sudah terintegrasi dengan mesin *Linear Accelerator* (LINAC). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Van Elmpt dkk, EPID menawarkan kemudahan dalam verifikasi dosis dan distribusi radiasi berkat kemampuannya yang *real-time* dan kompatibilitasnya dengan sistem LINAC.

Penelitian verifikasi dosis menggunakan perangkat *Electronic Portal Imaging Device* (EPID) telah dilakukan oleh Maria Atiq dkk. Dosis dihitung 14 pasien kanker kepala dan leher menggunakan teknik *Intensity Modulated Radiation Therapy* (IMRT) dengan sistem perencanaan pengobatan *Software Eclipse*. Hasil penelitian menunjukkan 13 lulus kriteria toleransi 95% yang. Batas Keyakinan untuk perbedaan dosis adalah 9,3% dan kriteria gamma menggunakan toleransi 2,0% (98,0% lolos) [9].

Penelitian ini bertujuan untuk memverifikasi distribusi dosis 5 data rekam medis pasien kanker *mammae* dengan teknik *Intensity Modulated Radiation Therapy* (IMRT) menggunakan *Linear*

*Accelerator* (LINAC) Varian *TruBeam* yang terintegrasi *Electronic Portal Imaging Device* (EPID). Verifikasi menggunakan toleransi indeks gamma 95% dan Kriteria DTA yang telah dibuat dan disepakati menurut IAEA adalah 3 mm dan kriteria perbedaan dosis radiasi sebesar 3%/3mm.

## METODE

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah pesawat teleterapi *Linear Accelerator* (Linac). Dalam melaksanakan penelitian ini, tahapan pertama yang dilakukan yaitu dengan mengumpulkan lima data pasien kanker payudara dengan teknik penyinaran *Intensity Modulated Radiation Therapy* (IMRT). Rencana perawatan mencakup tujuh bidang dan sudut *gantry* ditetapkan pada 0°, 50°, 80°, 120°, 150°, 300° dan 340° dengan tiga rekam medis pasien untuk payudara kiri dan 0°, 50°, 90°, 230°, 270°, 310° dan 350° dengan dua rekam medis pasien untuk payudara kanan yang menggunakan sinar foton 6 MV. Setelah dilakukan tahap ini membuat *Quality Assurance* (QA) pasien pada komputer di ruangan *Treatment Planning System* (TPS) lalu dikirimkan ke komputer radioterapi untuk dilakukan tahap pengukuran menggunakan *Electronic Portal Imaging Device* (EPID). Untuk *Quality Assurance* (QA) pasien, dibuatkan penjadwalan untuk penyinaran pada komputer radioterapi. Penyinaran dilakukan dengan mengoperasikan EPID menggunakan *remote control* dan menyalakan laser pada Linac dengan gantry Linac pada 0° selama proses penyinaran. Setelah penyinaran, dilakukan verifikasi dosis radiasi didasarkan pada analisis indeks gamma dengan toleransi 3%/3mm yang di-input pada komputer, sesuai standar IAEA Human Health Series No. 31 Tahun 2016. Hasil verifikasi yang diperoleh setelah penyinaran menggunakan EPID dapat dilihat melalui perangkat lunak *Eclipse*. Proses pembuatan *Quality*

Assurance (QA) pasien, penyinaran, dan hasil pengukuran dari penyinaran menggunakan *Electronic Portal Imaging Device* (EPID) dapat dilihat pada Gambar 1.

Tingkat toleransi untuk gamma rata-rata biasanya dinyatakan dalam nilai numerik. Nilai ini dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti teknik dan peralatan yang digunakan untuk pengiriman IMRT, perangkat lunak analisis data, serta kebijakan jaminan kualitas yang diterapkan di rumah sakit. Perhitungan *Upper Limit Agreement* (ULA), *Lower Limit Agreement* (LLA) [9] dilakukan sesuai dengan Persamaan (1) dan (2).

$$ULA = |average| + 2 \times SD \quad (1)$$

$$LLA = |average| - 2 \times SD \quad (2)$$

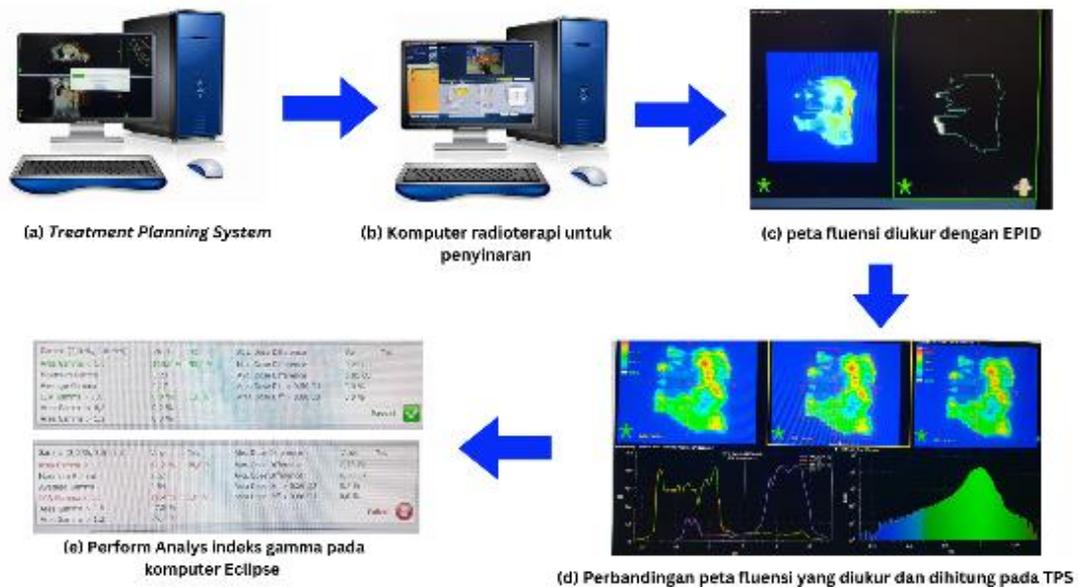
Dalam analisis gamma, kesesuaian sempurna antara dosis yang direncanakan dan yang diukur menghasilkan tingkat kelulusan 100%. Batas kepercayaan atau *confidence limit* (CL) didefinisikan sebagai rentang toleransi yang menentukan apakah perbedaan tersebut masih dapat diterima dan dihitung dengan Persamaan (3).

$$CL = |100 - average| + 2 \times SD \quad (3)$$

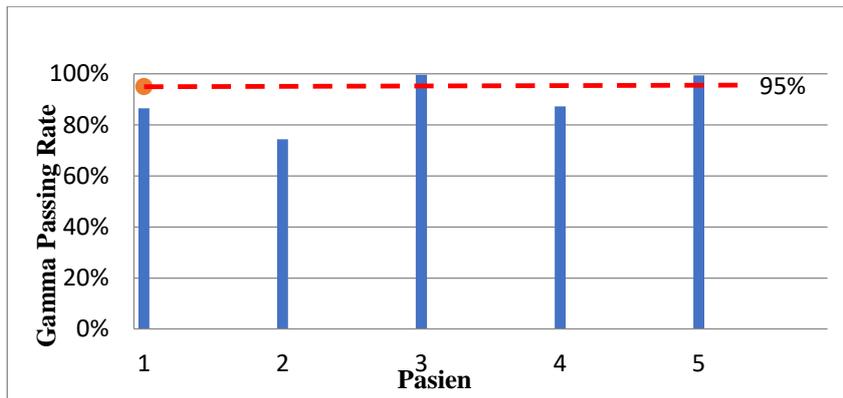
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### *Gamma Passing Rate*

Verifikasi indeks gamma untuk mengevaluasi dosis yang terukur dan dihitung menggunakan kriteria yang direkomendasikan oleh IAEA (3%/3mm) dengan parameter nilai *Gamma Passing Rate* [10]. Tingkat kelulusan GPR dalam radioterapi mengacu pada persentase titik dalam distribusi dosis yang memenuhi kriteria yang ditetapkan dengan toleransi yang digunakan  $\geq 95\%$ . Nilai GPR diatas 95% mengindikasikan keberhasilan verifikasi rencana pengobatan [11]. Dari hasil verifikasi yang telah dilakukan menggunakan perangkat *Electronic Portal Imaging Device* (EPID) didapatkan masing-masing nilai gamma pada setiap lapangan dan sudut *gantry*, yang kemudian di rata-ratakan untuk mendapatkan nilai *Gamma Passing Rate* pada tiap pasien. Gambar 2 menampilkan nilai gamma 5 kasus IMRT kanker payudara.



**Gambar 1.** Proses pengukuran dosis menggunakan *Electronic Portal Imaging Device* (EPID).



**Gambar 2.** Grafik nilai gamma 5 kasus IMRT kanker payudara

Berdasarkan hasil Gambar 2, dari lima pasien terdapat dua pasien yang memenuhi toleransi dan tiga lainnya berada dibawah nilai toleransi yang telah ditetapkan. Tiga pasien tersebut perlu dievaluasi kembali oleh fisikawan medik. Ketiga pasien yang berada dibawah batas nilai toleransi yaitu, Pasien 1 dengan nilai GPR  $86\% \pm 0,24$ , Pasien 2 dengan nilai GPR  $74\% \pm 0,17$ , dan pasien 4 dengan nilai GPR  $87\% \pm 0,21$ . Adapun pasien 3 dan 5 memiliki nilai GPR  $\geq 95\%$  yang mendapatkan masing-masing 100% dan 99% dengan nilai standar deviasi  $\leq 1$ .

Gamma passing rate dari ketiga pasien yang berada dibawah toleransi disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu sebagian besar radiasi yang diukur jatuh di luar area sensor EPID, sehingga Linac tidak menangkap seluruh radiasi yang seharusnya diukur [12]. Kesalahan posisi *Multi Leaf Colimator* (MLC) yang mengatur bentuk medan radiasi tidak selalu bergerak dengan presisi [13]. Selain itu, ketidakpastian dalam pengukuran dosis radiasi sulit dihindari sepenuhnya karena faktor teknis [9]. Namun, penelitian yang telah dilakukan oleh Ceberg dkk (2013) [14] menyatakan bahwa beberapa titik dalam evaluasi gamma akan selalu gagal memenuhi kriteria pengujian. Bahkan jika tidak ada penyimpangan dan tingkat kegagalan yang terjadi pada saat melakukan, pengukuran harus ditoleransi. Atiq dkk (2017) telah

melakukan penelitian yang sama pada kanker kepala dan leher pada 14 pasien, dimana mendapatkan hasil satu pasien yang berada dibawah toleransi yaitu 94%. Hal ini disebabkan karena tepi medan yang terpotong dan ketidakpastian yang tak terhindarkan dalam pengukuran dosimetri. Literatur menunjukkan bahwa tingkat kegagalan tertentu harus diabaikan [9].

#### **Analisis perbedaan dosis dan kriteria gamma (3%/3 mm) dengan batas kepercayaan**

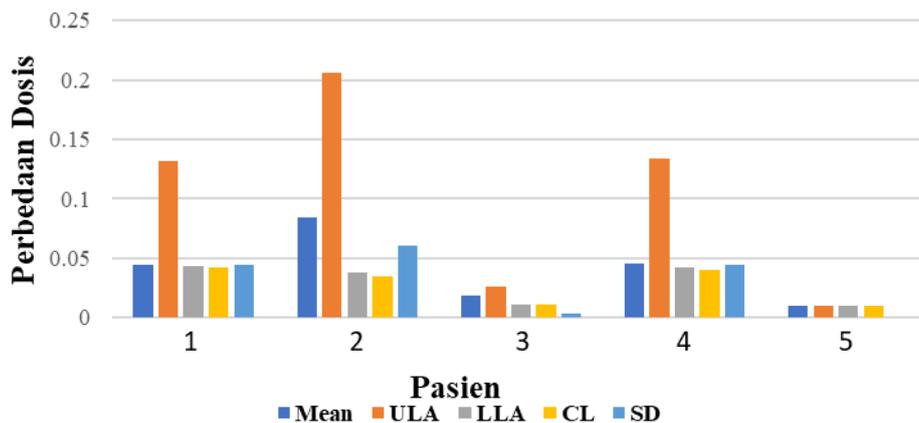
Perbedaan dosis dan kriteria gamma untuk mengevaluasi kualitas rencana perawatan teknik *Intensity Modulated Radiation Therapy* (IMRT) dianalisis dengan parameter nilai *Upper Limit of Agreement* (ULA), *Lower Limit of Agreement* (LLA), dan *Confidence Limit* (CL). Dengan nilai toleransi pada ULA dan LLA (2%) [15] dan CL (10%) [9] yang digunakan untuk mengevaluasi teknik IMRT, kita dapat memastikan bahwa dosis yang diterima oleh area target sudah optimal, sambil meminimalkan paparan pada organ yang berisiko, guna meningkatkan keselamatan dan efektivitas pengobatan [16].

Adapun Nilai ULA, LLA dan CL untuk analisis *perbedaan dosis* dapat dilihat pada Gambar 3, sedangkan untuk analisis gamma (3%/3mm) dapat dilihat pada Gambar 4. Nilai CL negatif menunjukkan

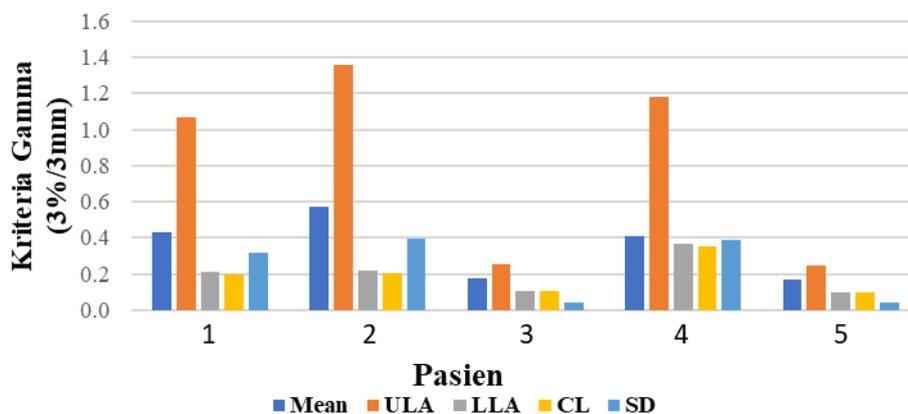
bahwa dosis yang diterima lebih rendah dari target atau dosis referensi, sedangkan nilai CL positif menunjukkan dosis yang lebih tinggi daripada target [17]. Parameter ULA merupakan batas dosis maksimum yang dapat diterima. Nilai ULA yang tinggi menunjukkan paparan radiasi yang berlebihan, yang dapat menyebabkan efek buruk pada jaringan sehat. Begitupun untuk nilai LLA menunjukkan dosis minimum yang dapat diterima. LLA negatif menunjukkan bahwa dosis yang diberikan tidak mencukupi, berpotensi membahayakan efektivitas pengobatan [18], Selain itu, variasi posisi pasien, termasuk kesalahan translasi dan rotasi,

dapat berdampak signifikan pada ketepatan pemberian dosis, sehingga menghasilkan nilai LLA dan ULA negatif [19].

Dengan ini, evaluasi teknik IMRT dengan analisis dosis dan gamma menggunakan nilai ULA, LLA dan CL yang direkomendasikan oleh AAPM TG 53 [9] didapatkan hasil untuk pasien yang sesuai dengan batas toleransi yaitu untuk pasien ke-5 dan 3. Sedangkan, data yang gagal (pasien 1, 2, dan 4) sebagian besar terletak di wilayah gradien dosis tinggi, perencanaan dan pengiriman dosis dalam radioterapi tidak pernah bisa sepenuhnya sempurna.



**Gambar 3.** Grafik nilai perbedaan dosis untuk verifikasi kualitas rencana teknik IMRT.



**Gambar 4.** Grafik nilai gamma kriteria (3%/3mm) untuk verifikasi kualitas rencana teknik IMRT.

Salah satu faktor penting yang memengaruhi hasil adalah keakuratan algoritma yang digunakan untuk menghitung dosis. Ketidaktepatan dalam algoritma dapat menyebabkan perbedaan dosis yang terukur. Karena itu, batas kepercayaan untuk perbedaan dosis sangat bergantung pada tingkat ketelitian dalam perhitungan dosis [9].

## KESIMPULAN

Evaluasi kesesuaian distribusi dosis yang direncanakan dan diukur menggunakan EPID dilakukan pada 5 pasien. Berdasarkan data, 2 pasien telah memenuhi kriteria gamma (3%/3mm) dengan toleransi  $\geq 95\%$  yaitu masing-masing 100% dan 99% untuk pasien 3 dan 5. Sedangkan, pasien 1, 2 dan 4 berada dibawah toleransi dengan masing-masing (86%, 74% dan 87%). Adapun hasil perhitungan ULA, LLA dan CL dari kelima pasien 2 diantaranya sesuai dengan batas toleransi yang telah ditetapkan yaitu pada pasien 3 dan 5. Sedangkan pasien 1,2 dan 4 perlu dilakukan evaluasi lebih lanjut.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dewi, M. (2017). Sebaran Kanker di Indonesia, Riset Kesehatan Dasar 2007. *Indonesian Journal of Cancer*. 2017;11(1):1-8.
- [2] Prastiwi TF. Kualitas hidup penderita kanker. *Developmental and Clinical Psychology*. 2012;1(1):21–27.
- [3] Apriantoro NH, Kartika Y, Kurniawan R. Teknik radioterapi kanker payudara post mastektomi dengan teknik intensity modulated radiation therapy. *Indonesian Journal for Health Sciences*. 2023;7(1):22-28.
- [4] Fardela R, Putri AM, Andriani I, Diyona F, Analia R, Mardiansyah D. Analisis Dosis OAR Pada Radioterapi Kanker Payudara Sinistra Di Rumah Sakit Universitas Andalas. *Jurnal Penelitian Bidang IPA Dan Pendidikan IPA*. 2023;9(2):112–123.
- [5] Wessha A, Milvita D, Ilyas M. Verifikasi Dosis Radiasi Teknik Penyinaran 3D-CRT pada Pasien Kanker Payudara Menggunakan Film EBT3 di Rumah Sakit UNAND. *Jurnal Fisika Unand*. 2023;10(2):184–190.
- [6] Milvita D & Hadi BSW. Verifikasi Geometri dan Indeks Gamma pada Pesawat Linac Tipe Clinac CX Terintegrasi EPID di RS Universitas Andalas. *Jurnal Fisika Dan Terapannya*. 2019;4(2):111–119.
- [7] Martins JC, dkk. Towards real-time EPID-based 3D in vivo dosimetry for IMRT with Deep Neural Networks: A feasibility study. *Physica Medica*. 2023;114:103148.
- [8] Defira E, Milvita D, Diyona F. Verifikasi Pergeseran Geometri Pesawat Linac Clinac CX Menggunakan Electronic Portal Imaging Device (EPID) Terdapat Kasus Kanker Nasofaring). *Jurnal Fisika Unand*. 2022;11(4):482–486.
- [9] Atiq M, Atiq A, Iqbal K, Shamsi Q, Andleeb F, Buzdar SA. Interpretation of Gamma Index for Quality Assurance of Simultaneously Integrated Boost (SIB) IMRT Plans for Head and Neck Carcinoma. *Polish Journal of Medical Physics and Engineering*. 2017;23(4):93–97.
- [10] Timakova E & Zavgorodni SF. Effect of modulation factor and low dose threshold level on gamma pass rates of single isocenter multi-target SRT treatment plans. *Journal of Applied Clinical Medical Physics*. 2024;25(9):e14459.
- [11] Sadowski B, Milewska K, Ginter J. Machine Learning Based Prediction of Gamma Passing Rate for VMAT Radiotherapy Plans. *Journal of Personalized Medicine*. 2022; 12(12):2071.
- [12] Roxby KJ, Crosbie JC. Pre-treatment

- verification of intensity modulated radiation therapy plans using a commercial electronic portal dosimetry system. *Australas Phys Eng Sci Med.* 2010;33(1):51-57.
- [13] Chung JB, Kim JS, Ha SW, Ye SJ. Statistical analysis of IMRT dosimetry quality assurance measurements for local delivery guideline. *Radiat Oncol.* 2011;6:27.
- [14] Ceberg C. A note on the interpretation of the gamma evaluation index. *Journal of Physics: Conference Series.* 2013;444:012082.
- [15] Chaikh A, Desgranges C, Balosso J. Statistical methods to evaluate the correlation between measured and calculated dose using quality assurance method in IMRT. *International Journal of Cancer Therapy and Oncology.* 2015;3(4):3411.
- [16] Nisauf TA, Wibowo WE, Pawiro SA. Gamma index evaluation of IMRT technique using gafchromic film EBT3 for homogeneous and inhomogeneous material. *AIP Conf Proc.* 2017;1862(1):030065.
- [17] García Y, Muquillaza P, Valdebenito S. Individualized Neoral doses in pediatric renal transplantation. *Transplant Proc.* 2010;42(1):357-360.
- [18] Vanreusel V, Gasparini A, Galante F, et al. Optically stimulated luminescence system as an alternative for radiochromic film for 2D reference dosimetry in UHDR electron beams. *Phys Med.* 2023;114:103147.
- [19] Olaciregui-Ruiz I, Rozendaal R, Mijnheer B, Mans A. Site-specific alert criteria to detect patient-related errors with 3D EPID transit dosimetry. *Med Phys.* 2019;46(1):45-55.