

---

## Verifikasi Geometri dan Indeks Gamma pada Pesawat Linac Tipe Clinac CX Terintegrasi EPID di RS Universitas Andalas

Dian Milvita \*, Bagus Sidik Waskito Hadi

*Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Andalas Padang 25163*

Penulis Penanggungjawab. E-mail: dianmilvita74@gmail.com

Telp. : +62 852-8196-0708

### ABSTRAK

Telah dilakukan verifikasi geometri dan indeks gamma pada pesawat Linac tipe Clinac CX yang terintegrasi Electronic Portal Imaging Device (EPID) di Rumah Sakit Universitas Andalas. Verifikasi bertujuan untuk mengetahui kondisi pesawat Linac. Pesawat Linac adalah alat terapi radiasi eksternal yang digunakan untuk mengobati kanker. EPID adalah perangkat tambahan yang diintegrasikan pada pesawat Linac. Verifikasi dosis radiasi meliputi respon linearitas, luas lapangan dan indeks gamma. Verifikasi geometri dilakukan dengan melihat status ketepatan penyinaran lapangan radiasi. Pada penelitian ini verifikasi dosis radiasi dibatasi pada verifikasi indeks gamma. Penelitian menggunakan teknik Intensity Modulated Radiation Therapy (IMRT) dan multi cube sebagai pengganti tubuh pasien. Variasi yang digunakan pada penelitian terdiri dari variasi luas lapangan radiasi dan energi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa verifikasi geometri penyinaran Linac memiliki status sangat baik dengan nilai verifikasi geometri setiap lapangan di sumbu Y dan X tidak melebihi batas toleransi yang ditetapkan yaitu  $\pm 0,3$  cm. Verifikasi nilai indeks gamma memiliki status berhasil dengan rata-rata keberhasilan di atas 99 % dengan nilai indeks gamma 0,24. Pesawat Linac tipe Clinac CX milik rumah sakit Universitas Andalas berada dalam kondisi baik sesuai ketentuan IAEA Human Health Series No.31 dan dapat digunakan untuk pengobatan penyakit kanker pada pasien.

**Kata Kunci** : EPID; IMRT; Linac; verifikasi indeks gamma; verifikasi geometri

## ABSTRACT

Geometry and gamma index verification has been carried out on the Linac type clinac CX which has an integrated Electronic Portal Imaging Device (EPID) at Andalas University Hospital. Verification aims to determine the condition of the Linac. The Linac is an external radiation therapy device used to treat cancer. EPID is an enhancement that is integrated into the Linac. Verification of radiation doses includes linearity, field area and gamma index responses. Geometry verification is done by looking at the status of the accuracy of irradiation of the radiation field. In this study radiation dose verification was limited to gamma index verification. The study used the Intensity Modulated Radiation Therapy (IMRT) and multi cube techniques as a substitute for the patient's body. Variations used in the study consisted of variations in the area of radiation and energy. The results showed that the geometry verification of Linac irradiation had very good status with the geometry verification value of each field on the Y and X axes not exceeding the specified tolerance limit of  $\pm 0.3$  cm. Verification of the gamma index value has a successful status with an average success of above 99% with an index gamma value of 0.24. The Linac type clinac CX belonging to Andalas University hospital is in good condition according to the IAEA Human Health Series No. 31 provisions and can be used to treat cancer in patients.

**Keywords :** EPID; IMRT; Linac; gamma index verification; geometry verification

### 1. Pendahuluan

Radioterapi atau terapi radiasi adalah pengobatan kanker menggunakan radiasi pengion. Metode yang umum digunakan pada radioterapi adalah teleterapi. Pesawat teleterapi terdiri dari pesawat terapi Cesium-137 (Cs-137), pesawat terapi Linear Accelerator (Linac) dan pesawat terapi Cobalt-60 (Co-60). Teknik penyinaran teleterapi yang ada saat ini adalah *Three Dimension Recontruction Tehnique* (teknik 3DRCT) dan *Intensity*

*Modulated Radiation Therapy* (teknik IMRT). Teknik penyinaran IMRT dan 3DRCT menggunakan komputer saat melakukan treatment [1]. Setiap kasus kanker yang menggunakan pesawat terapi harus dilakukan verifikasi terlebih dahulu, sesuai dengan standar *International Atomic Energy Agency (IAEA)* No. 31 tahun 2016 [2]. Hal ini juga tertuang dalam Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN) nomor 3 tahun 2013 [3] mengenai keselamatan radiasi. Verifikasi keselamatan radiasi

meliputi pengkajian keselamatan sumber, pengukuran parameter keselamatan dan rekaman hasil verifikasi keselamatan. Salah satu bentuk rekaman hasil verifikasi keselamatan adalah verifikasi dosis radiasi dan verifikasi geometri.

Verifikasi dosis radiasi dan verifikasi geometri dapat dilakukan dengan menggunakan Electronic Portal Imaging Device (EPID). EPID merupakan sebuah perangkat tambahan yang diintegrasikan pada perangkat Linac. Perangkat ini menghasilkan citra dua dimensi dengan sistem elektronik/digital yang dapat langsung dilihat pada monitor komputer. EPID pada awalnya hanya digunakan untuk verifikasi posisi pasien (verifikasi geometri) namun saat ini EPID telah dikembangkan untuk mengidentifikasi kesalahan perhitungan dosis radiasi penyinaran [4]. Penelitian menggunakan EPID telah dilakukan sebelumnya oleh Nofridianita (2016) [5] di RSCM Jakarta pada 35 pasien IMRT Kanker Nasofaring dengan registrasi citra digitally reconstructed radiographs (DRR) dan EPID secara manual dan dengan program FIJI. DRR adalah citra dua dimensi yang digunakan sebagai acuan dalam verifikasi. Hasil penelitian secara statistik menunjukkan tidak terdapat perbedaan antara verifikasi manual dengan metode fusi pada radioterapi pasien kanker nasofaring, namun program FIJI memberikan verifikasi geometri radioterapi yang lebih baik dibandingkan metode manual. Pada penelitian Nofridianita, EPID

tidak digunakan untuk mencari verifikasi dosis radiasi penyinaran pada pasien. Penelitian menggunakan EPID juga dilakukan oleh Gajah (2016) [6] di RSU Vina Estetica Medan terhadap 10 orang pasien kanker payudara dan membandingkannya dengan DRR. Penelitian dilakukan dengan pesawat Linac dengan energi 6 MV, sedangkan variasi dosis radiasinya 2, 3 dan 4 Monitor Unit (MU). Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat keberhasilan verifikasi dengan dosis radiasi 3 Monitor Unit lebih tinggi dan memiliki kontras citra yang baik serta layak digunakan dalam verifikasi lapangan radiasi.

Penelitian menggunakan EPID juga dilakukan oleh Peca (2017) [7] dengan mencari rasio korelasi dengan variasi ketebalan slab fantom, luas lapangan radiasi dan MU penyinaran Linac. Hasil dari penelitian ini adalah rekonstruksi dosis hampir seluruhnya berada 3% dalam dosis radiasi yang telah diplaning sebelumnya. Dosis radiasi berada dalam rentang 1,5% untuk kasus isosenter yang diubah 1 cm di atas isosenter awal dan 4% untuk perubahan 1 cm di bawah isosenter awal.

Pada penelitian ini dilakukan verifikasi geometri dan verifikasi dosis radiasi penyinaran Linac khususnya verifikasi indeks gamma, yang diintegrasikan EPID dengan teknik IMRT. Teknik IMRT digunakan karena dosis radiasi lebih efektif aman dikirim ke tumor

dengan efek samping yang lebih sedikit dibandingkan dengan teknik 3DRCT. EPID dipilih karena alat ini dapat melakukan verifikasi dosis penyinaran dan verifikasi geometri sekaligus dalam sekali pengambilan data. Penelitian dilakukan pada pesawat Linac tipe Clinac CX milik Rumah Sakit Universitas Andalas Padang. Penelitian menggunakan fantom sebagai pengganti tubuh manusia untuk meminimalisir ancaman kepada jaringan sehat dan merupakan anjuran dari badan IAEA. Penelitian perlu dilakukan untuk mengetahui ketepatan pemberian dosis radiasi pada pasien dan meminimalisir dosis radiasi pada jaringan sehat di sekitar kanker, sehingga tidak menimbulkan efek bahaya pada pasien.

## 2. Bahan dan Metode

Penelitian dilakukan di Instalasi Radioterapi Rumah Sakit Universitas Andalas menggunakan pesawat Linac tipe Clinac-CX. Berkas foton yang digunakan berenergi 6 MV dan 10 MV. Verifikasi geometri dilakukan dengan melihat pergeseran koordinat X dan Y lapangan penyinaran dan memverifikasi status ketepatan penyinaran lapangan radiasi dengan melihat pada Tabel 1. Verifikasi dosis radiasi penyinaran dilakukan dengan memverifikasi nilai indeks gamma dan Distance To Agreement (DTA). DTA adalah hasil perbandingan distribusi dosis radiasi TPS dan dosis radiasi penyinaran Linac menunjukkan nilai yang sama.

Kriteria DTA yang telah dibuat dan disepakati menurut IAEA adalah 3 mm dan 3 %. Penelitian menggunakan Multi Cube sebagai pengganti tubuh pasien. Variasi yang digunakan pada penelitian ini terdiri variasi luas lapangan radiasi persegi (5 x 5) cm sampai (29 x 29) cm dengan interval 2 cm. Status verifikasi geometri dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Status verifikasi geometri

No	Keadaan titik referensi	Status verifikasi
1.	Bila salah satu titik referensi bergeser $\leq 0,3$ cm dari titik pusat dan citra verifikasi menghasilkan kontras tinggi.	Sangat baik
2.	Bila salah satu titik referensi bergeser $\leq 0,5$ cm dari titik pusat dan citra verifikasi menghasilkan kontras sedang.	Baik
3.	Bila salah satu titik referensi bergeser $\geq 1$ cm dari titik pusat dan citra verifikasi menghasilkan kontras rendah.	Kurang
4.	Bila dua titik referensi terjadi pergeseran $\leq 1,2$ cm dari titik pusat dan citra verifikasi menghasilkan kontras gambar sangat rendah	Gagal

(Sumber : Podgorsak, 2005) [8].

## 3. Hasil dan Pembahasan

Verifikasi geometri dan indeks gamma dilakukan menggunakan energi sebesar 6 MV dan 10 MV dari berkas foton. Hasil koreksi yang diperoleh dengan membandingkan citra yang dihasilkan dari planning TPS dan citra EPID.

### 3.1. Verifikasi geometri penyinaran Linac energi 6 MV

Tabel 2 menunjukkan bahwa nilai rata-rata pergeseran pada sumbu X setiap luas lapangan radiasi adalah 0,0 cm. Hal ini menunjukkan bahwa nilai verifikasi geometri setiap lapangan di sumbu X tidak melebihi nilai batas toleransi yang ditetapkan yaitu 0,3 cm dengan status verifikasi yang didapat adalah sangat baik. Tabel 2 juga menunjukkan bahwa nilai verifikasi geometri setiap lapangan radiasi di sumbu Y tidak melebihi nilai batas toleransi yang ditetapkan yaitu 0,3 cm dan status verifikasi yang didapat adalah sangat baik.

### 3.2. Verifikasi geometri penyinaran Linac energi 10 MV

Tabel 3 menunjukkan bahwa nilai rata-rata pergeseran pada sumbu X setiap luas lapangan radiasi adalah 0,0 cm. Hal ini menunjukkan bahwa nilai verifikasi geometri setiap lapangan di sumbu X tidak melebihi nilai batas toleransi yang ditetapkan yaitu 0,3 cm dengan status verifikasi yang didapat adalah sangat baik. Tabel 3 juga menunjukkan bahwa nilai verifikasi geometri setiap lapangan radiasi di sumbu Y tidak melebihi nilai batas toleransi yang ditetapkan yaitu 0,3 cm dan status

verifikasi yang didapat adalah sangat baik. Berdasarkan status verifikasi titik penyinaran energi 6 dan 10 MV maka dapat disimpulkan bahwa geometri penyinaran Linac di RSP Universitas Andalas dapat digunakan untuk mengobati kanker pasien.

### 3.3. Verifikasi dosis radiasi penyinaran Linac

Verifikasi dosis radiasi penyinaran dilakukan dengan tujuan agar dosis yang akan diberikan kepada pasien tepat sehingga tidak merusak jaringan sehat di sekitar kanker. Verifikasi dosis radiasi penyinaran dilakukan menggunakan energi 6 MV dan 10 MV dari berkas foton. Verifikasi dosis radiasi penyinaran dilakukan dengan mengukur respon linearitas, verifikasi luas lapangan radiasi dan verifikasi nilai indeks gamma. Verifikasi luas lapangan radiasi penyinaran pada pesawat Linac Tipe Clinac CX terintegrasi EPID di RS Universitas Andalas telah dilakukan oleh Hadi dan Milvita [9]. Verifikasi dosis radiasi penyinaran Linac dilakukan dengan membandingkan nilai indeks gamma dengan rentang nilai kriteria yang ditetapkan didalam IAEA HUMAN HEALT SERIES No. 31 Accuracy Requirements and Uncertainties in Radiotherapy yaitu 3 % dan 3 mm. Verifikasi dosis radiasi penyinaran

dilihat pada Tabel 4 dan Tabel 5. Tabel 4 menunjukkan bahwa nilai gamma indeks yang didapatkan pada luas lapangan radiasi (5 x 5) cm sampai (29 x 29) cm dengan interval 2 cm pada energi 6 MV memiliki hasil yang baik dimana Dose Difference dari masing-masing luas lapangan radiasi memiliki nilai rata-rata 0,0 %. Nilai Dose Difference ini lebih kecil dibandingkan dengan nilai kriteria yang ditentukan oleh IAEA yaitu 3 % . Nilai rata-rata Distance To Agreement (DTA) yang didapatkan masing masing luas lapangan adalah < 1 mm, sehingga dapat dianalisis bahwa verifikasi nilai indeks gamma memiliki status berhasil dengan rata-rata keberhasilan di atas 99 % dengan nilai 0,24. Tabel 5 menunjukkan bahwa nilai indeks gamma yang didapatkan pada luas lapangan radiasi (5 x 5) cm sampai (29 x 29) cm

dengan interval 2 cm pada energi 10 MV memiliki hasil yang baik dimana Dose Difference dari masing-masing lapangan radiasi memiliki nilai rata-rata 0,0 %. Nilai Dose Difference ini lebih kecil dibandingkan dengan nilai kriteria yang ditentukan oleh IAEA yaitu 3 %. Nilai rata-rata DTA yang didapatkan masing masing luas lapangan adalah < 1 mm, sehingga dapat dianalisis bahwa verifikasi nilai gamma indeks memiliki status berhasil dengan rata-rata keberhasilan diatas 99,42 % dengan nilai 0,242308. Dari hasil pengukuran nilai indeks gamma energi 6 dan 10 MV dapat dianalisis bahwa verifikasi dosis radiasi penyinaran Linac tipe Clinac CX milik RSP Universitas Andalas memiliki hasil yang baik dan dapat digunakan untuk mengobati penyakit kanker pasien

Tabel 2 Data pergeseran geometri titik penyinaran energi 6 MV

Lapangan penyinaran Persegi (cm <sup>2</sup> )	Monitor Unit (MU)	Hasil Verifikasi		Status verifikasi
		$\Delta x$ (cm)	$\Delta y$ (cm)	
5 x 5	95	0,0	0,0	Sangat baik
7 x 7	98	0,0	0,0	Sangat baik
9 x 9	92	0,0	0,0	Sangat baik
11 x 11	102	0,0	0,0	Sangat baik
13 x 13	102	0,0	0,0	Sangat baik
15 x 15	146	0,0	0,0	Sangat baik
17 x 17	161	0,0	0,0	Sangat baik
19 x 19	164	0,0	0,0	Sangat baik
21 x 21	166	0,0	0,0	Sangat baik
23 x 23	176	0,0	0,0	Sangat baik
25 x 25	260	0,0	0,0	Sangat baik
27 x 27	261	0,0	0,0	Sangat baik
29 x 29	267	0,0	0,0	Sangat baik

Tabel 3. Data pergeseran geometri titik penyinaran energi 10 MV

Lapangan penyinaran Persegi (cm <sup>2</sup> )	Monitor Unit (MU)	Hasil Verifikasi		Status verifikasi
		$\Delta x$ (cm)	$\Delta y$ (cm)	
5 x 5	88	0,0	0,0	Sangat baik
7 x 7	91	0,0	0,0	Sangat baik
9 x 9	85	0,0	0,0	Sangat baik
11 x 11	94	0,0	0,0	Sangat baik
13 x 13	95	0,0	0,0	Sangat baik
15 x 15	146	0,0	0,0	Sangat baik
17 x 17	148	0,0	0,0	Sangat baik
19 x 19	152	0,0	0,0	Sangat baik
21 x 21	154	0,0	0,0	Sangat baik
23 x 23	238	0,0	0,0	Sangat baik
25 x 25	243	0,0	0,0	Sangat baik
27 x 27	243	0,0	0,0	Sangat baik
29 x 29	250	0,0	0,0	Sangat baik

Tabel 4 Hasil verifikasi indeks gamma energi 6 MV

Lapangan penyinaran Persegi (cm <sup>2</sup> )	Kesesuaian piksel				Dosis Penyinaran (MU)
	<i>Dose difference</i> (%) (kriteria 3%)	DTA (mm) (kriteria 3 mm)	Indeks Gamma (%) (kriteria 3% dan 3mm)	<i>Mean avarage gamma</i>	
5 x 5	0,0	<1,0	100 %	0,21	95
7 x 7	0,0	<1,0	100 %	0,21	98
9 x 9	0,0	<1,0	100 %	0,23	92
11 x 11	0,0	<1,0	98,8 %	0,21	102
13 x 13	0,0	<1,0	98,4 %	0,18	102
15 x 15	0,0	<1,0	98,7 %	0,24	146
17 x 17	0,0	<1,0	99,1 %	0,17	161
19 x 19	0,0	<1,0	99,0 %	0,20	164
21 x 21	0,0	<1,0	99,1 %	0,21	166
23 x 23	0,0	<1,0	99,7 %	0,31	176
25 x 25	0,0	<1,0	97,6 %	0,35	260
27 x 27	0,0	<1,0	99,1 %	0,30	261
29 x 29	0,0	<1,0	98,5 %	0,30	267

Tabel 4 Hasil verifikasi indeks gamma energi 6 MV

Lapangan penyinaran Persegi (cm <sup>2</sup> )	Kesesuaian piksel			Mean average gamma	Dosis Penyinaran (MU)
	Dose difference (%) (kriteria 3%)	DTA (mm) (kriteria 3 mm)	Indeks Gamma (%) (kriteria 3% dan 3mm)		
5 x 5	0,0	<1,0	97,1 %	0,31	88
7 x 7	0,0	<1,0	97,6 %	0,29	91
9 x 9	0,0	<1,0	98,9 %	0,30	85
11 x 11	0,0	<1,0	99,9 %	0,20	94
13 x 13	0,0	<1,0	100 %	0,21	95
15 x 15	0,0	<1,0	100 %	0,22	146
17 x 17	0,0	<1,0	99,9 %	0,23	148
19 x 19	0,0	<1,0	100 %	0,23	152
21 x 21	0,0	<1,0	99,7 %	0,24	154
23 x 23	0,0	<1,0	99,9 %	0,20	238
25 x 25	0,0	<1,0	99,9 %	0,21	243
27 x 27	0,0	<1,0	100 %	0,28	243
29 x 29	0,0	<1,0	99,5 %	0,23	250

#### 4. Simpulan

Verifikasi geometri penyinaran Linac memiliki status verifikasi sangat baik dan tidak melebihi nilai batas toleransi yang ditetapkan yaitu 0,3 cm untuk energi 6 MV dan 10 MV. Verifikasi dosis penyinaran radiasi memiliki hasil yang baik dan berada dalam rentang nilai kriteria yang ditetapkan IAEA dalam Human Health Series No. 31 yaitu 3 % dan 3 mm untuk energi 6 MV DAN 10 MV. Linac tipe Clinac CX milik rumah sakit Universitas Andalas berada dalam kondisi baik sesuai ketentuan IAEA dan dapat digunakan untuk pengobatan kanker pasien.

#### 5. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Instalasi Radioterapi Rumah Sakit Universitas Andalas untuk fasilitas dan bantuan yang telah diberikan.

#### 6. Referensi

1. Susworo, R. (2007). *Dasar Dasar Radioterapi* : UI Press.
2. IAEA Homepage. (2016). IAEA HUMAN HEALTH SERIES No. 31 Accuracy Requirements and Uncertainties in Radiotherapy, <http://www.iaea.org/-publications/index.html>, diakses Februari 2018.



3. BAPETEN Homepage. (2013). Perka BAPETEN No. 3 Tahun 2013 tentang Keselamatan Radiasi dalam Penggunaan Radioterapi, <https://jdih.-bapeten.go.id>, diakses Februari 2018.
4. Mayles, P. (2007). *Handbook of Radiotherapy Physics : Teori and Practice* : Taylor and Francis Group.
5. Nofridianita, S. (2016). Perbandingan Verifikasi Akurasi Posisi Pasien Radioterapi Secara Manual dan Semiotomatis Berbasis Citra DRR/EPID . *Indonesian Journal of Cancer*, 3 (10): 103-112.
6. Gajah, F., (2016). Analisis Kualitas Citra Verifikasi Lapangan Radiasi Linac pada Kanker Payudara Menggunakan Variasi Monitor Unit, *skripsi*, FMIPA, Universitas Sumatera Utara.
7. Peca, S., (2017). A simple Method for 2-D In Vivo Dosimetry By Portal Imaging, *Technology In Cancer Reseach & Treatment*, 16 (6) : 944-955.
8. Podgorsak, E.B., (2005). *Radiation Physics: A Handbook for Teachers and Students*, IAEA, Vienna.
9. 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.