

VERIFIKASI GEOMETRI PADA TEKNIK 3D KONFORMAL RADIOTERAPI DENGAN KASUS KANKER NASOFARING DI UNIT RADIOTERAPI INSTALASI RADIOLOGI RSUP DR. SARDJITO YOGYAKARTA

VERIFICATION OF GEOMETRY ON 3D CONFORMAL RADIOTHERAPY TECHNIQUE WITH NASOPHARINGEAL CANCER CASE AT RADIOTHERAPY UNITS RADIOLOGY INSTALLATION DR. SARDJITO HOSPITAL YOGYAKARTA

Kurniadiyah Nuril Izza¹⁾, Luthfi Rusyadi²⁾, Jeffri Ardiyanto³⁾

¹⁾Dr. Sardjito Hospital Yogyakarta

^{2,3)}Poltekkes Kemenkes Semarang

e-mail: kurniaizza22@gmail.com

ABSTRACT

Background: Verification of geometry is a process to ensure that the position and volume of the irradiated tumor is the same as planned. Verification is done by comparing the radiographic *image* information of the Treatment Planning System (TPS) with radiation therapy to be provided on the Electronic Portal Imaging Device (EPID) device. This research is about geometry verification process on 3D conformal radiotherapy technique with nasopharyngeal cancer case at Radiotherapy Unit Radiology Installation Dr. Sardjito Hospital Yogyakarta which aims to know the procedure and shift of geometry verification.

Methods: The type of this research is descriptive study with retrospective data. Methods of data collection used are observation, interview and documentation. The subjects consisted of 3 radiotherapists, 1 medical physician and 1 radiation oncologist. The object of the study was nasopharyngeal cancer patients who received radiotherapy with conformal 3D technique with a sample size of 10 patients. Data obtained from observations and interviews were collected and then data reduction and open coding were then presented in the form of quotations, and drawn conclusions and suggestions.

Result: The results of this study indicate that the geometry verification procedure is performed on the irradiation fractions 1,2 and 3 then in the 4th fraction we take the average shift of the fractions 1,2 and 3 to obtain the new isocenter point. After obtaining the new isocenter point of verification, do it again when the fractional radiation to 10 and 20. The average variation of the geometry shift obtained is on the vertical axis of 0.46 cm (towards the posterior), on the longitudinal axis of -0.2 cm (towards the superior) and on the lateral axis of -0.2 cm (towards the left) from the isocenter point.

Conclusion: know the procedure of geometry verification conducted in Radiotherapy Unit of Dr. Sardjito Yogyakarta and got the average of shifting variation on each vertical, longitudinal and lateral axis.

Keywords: *Nasopharyngeal Cancer, 3DCRT, Geometry Verification, EPID*

PENDAHULUAN

Karsinoma nasofaring merupakan suatu keganasan yang memiliki karakteristik epidemiologi yang unik, dengan insiden yang bervariasi sesuai ras dan perbedaan geografi. Insiden kanker nasofaring pada beberapa tempat di dunia masih sangat jarang. Di Indonesia, kanker nasofaring (bagian atas faring atau tenggorokan) merupakan kanker terganas nomor 4 setelah kanker rahim, payudara dan kulit. Kanker ini paling sering terjadi di bagian THT, kepala serta leher. Penyebaran kanker ini dapat berkembang ke bagian mata, telinga, kelenjar leher, dan otak (Adham M, 2012).

Tatalaksana pengobatan kanker nasofaring diketahui beberapa metode antara lain pembedahan, kemoterapi dan radioterapi. Radioterapi memiliki peran yang sangat penting dalam tatalaksana kanker nasofaring (Wan Desen, 2011). Radioterapi menggunakan radiasi pengion yang diarahkan ke tumor dan mengakibatkan kerusakan pada sel tumor tersebut. Akan tetapi, pemberian radiasi juga dapat mengakibatkan

kerusakan pada jaringan normal, maka harus diarahkan seakurat mungkin ke jaringan tumor (Perez, 2008).

Upaya untuk mendapatkan akurasi radioterapi yang baik menggunakan proses verifikasi. Verifikasi adalah komponen penting dalam radioterapi yang bertujuan untuk memperoleh data mengenai variasi yang terjadi selama pasien menjalani proses radiasi. Verifikasi radioterapi yaitu mencocokkan/ membuktikan apakah radiasi yang dipaparkan pada tubuh pasien sudah sesuai dengan yang direncanakan oleh bagian TPS (*Treatment Planning System*) (Ball John, 2000).

Verifikasi membutuhkan pencitraan sebagai sarana evaluasi, yang terdiri atas citra acuan dan citra target. Citra acuan memperlihatkan geometri perencanaan lapangan radiasi terhadap organ atau struktur acuan seperti tulang atau marker. Sedangkan citra target merupakan geometri lapangan radiasi yang dihasilkan pesawat radiasi. Verifikasi standar untuk radioterapi teknik 3D Konformal atau IMRT pada umumnya menggunakan DRR dan EPID.

EPID merupakan sebuah perangkat tambahan yang diintegrasikan pada perangkat linac yang dapat menghasilkan citra 2 dimensi berkas sinar-x MV dengan sistem elektronik/digital yang dapat langsung dilihat pada monitor komputer yang dapat digunakan untuk verifikasi terapi.

Pencitraan verifikasi harus dilakukan pada fraksi 1-3 pada saat awal penyinaran. Kemudian, fraksi ke-4 dan ke-5 diambil rata-rata dari jumlah pergeseran pada fraksi ke 1, 2 dan 3. Setelah mendapatkan titik yang baru, verifikasi dilakukan seminggu sekali atau setelah mendapatkan 5 kali penyinaran. Pada daerah nasofaring memiliki tingkat toleransi 2-3 mm (Hoskin, 2007).

Pelaksanaan verifikasi geometri sebelum pelaksanaan radiasi pada teknik 3D konformal di Unit Radioterapi Instalasi Radiologi RSUP Dr. Sardjito Yogyakarta menggunakan EPID dan pengambilan citra target dilakukan pada fraksi ke 1-3. Kemudian di fraksi ke-4 diambil rerata pergeseran fraksi 1, 2, dan 3. Setelah mendapatkan titik yang baru, verifikasi selanjutnya dilakukan pada fraksi ke-10 dan ke-20 dengan toleransi pergeseran sebesar 2 mm. Dari latar belakang tersebut peneliti tertarik melakukan penelitian untuk mencari pergeseran verifikasi geometri yang sering terjadi pada kasus nasofaring.

METODE

Jenis penelitian ini adalah penelitian studi deskriptif dengan mengambil data retrospektif yaitu data hasil verifikasi menggunakan EPID pada pasien kanker nasofaring yang mendapatkan radioterapi dengan teknik 3D konformal. Subyek penelitian dalam penelitian ini adalah 3 orang radioterapis, 1 orang fisikawan medis dan 1 orang dokter spesialis onkologi radiasi. Objek penelitian yang peneliti ambil yaitu 10 sampel pasien kanker nasofaring yang mendapatkan radioterapi dengan teknik 3D konformal yang dilakukan verifikasi menggunakan EPID pada periode waktu penelitian. Pengambilan data dilakukan pada bulan November-Desember 2017 di Instalasi Radioterapi RSUP Dr. Sardjito Yogyakarta dengan metode observasi, wawancara, dokumentasi.

Data yang diperoleh dari penelitian dianalisis dengan interaktif model, membuat transkrip wawancara kemudian direduksi dan diolah dalam bentuk koding terbuka, disajikan dalam bentuk kuotasi dan kemudian dapat diambil kesimpulan. Penelitian dilakukan setelah terbit Ethical Clearance Ref: KE/FK-/0027/EC/2018.

HASIL

1. Paparan Kasus

Seorang pasien laki-laki umur 59 tahun datang untuk dilakukan verifikasi dengan kasus kanker nasofaring yang diberikan radiasi dengan teknik 3D konformal radioterapi.

2. Prosedur Verifikasi Geometri Pada Teknik 3D Konformal Radioterapi Dengan Kasus Kanker Nasofaring

- a. Tujuan Verifikasi Geometri pada Teknik 3D Konformal Radioterapi dengan Kasus Kanker Nasofaring

Verifikasi Geometri pada teknik 3D konformal radioterapi dengan kasus nasofaring ini bertujuan untuk memastikan bahwa volume tumor dan akurasi geometris dari radiasi yang diberikan sama seperti yang direncanakan dan masih di dalam batas-batas yang diperbolehkan dalam rencana penyinaran. Verifikasi dilakukan dengan membandingkan gambar atau data dari perencanaan terapi (*treatment planning*) dengan penyinaran yang dikerjakan. Proses membandingkan tersebut akan memperoleh data mengenai deviasi posisi lapangan penyinaran antara gambar lapangan penyinaran (*portal image*) dengan *reference image*.

b. Persiapan Alat dan Bahan

- 1) Pesawat Penyinaran
- 2) EPID



Gambar 1. Linac II Elekta Synergy Platform

- 3) Data Rekam Medis Pasien
- 4) *Thermoplastik Mask 3 Point*
- 5) *Whole Body Base Plate*
- 6) Alat Fiksasi
- 7) Selimut
- 8) DRR



(a)

(b)

Gambar 2. DRR AP (a) dan DRR lateral (b)

c. Persiapan Pasien

- 1) Pasien dijelaskan tentang prosedur tindakan verifikasi yang akan dilaksanakan, meliputi manfaat tindakan verifikasi, waktu yang dibutuhkan, proses verifikasi, dan risiko yang mungkin akan terjadi selama dilakukan verifikasi.
- 2) Memberi informasi kepada pasien bahwa proses verifikasi akan dilaksanakan pada saat fraksi penyinaran pertama, kedua, ketiga dan keempat,

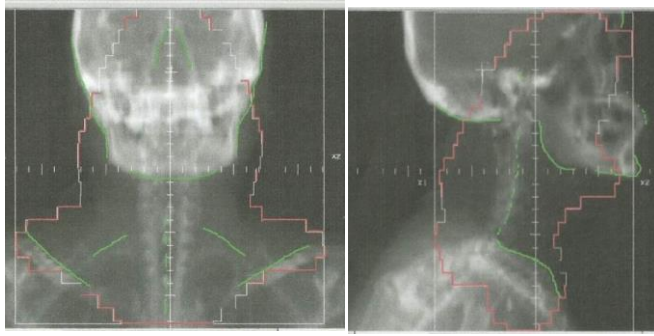
kemudian akan dicek kembali pada saat penyinaran fraksi ke-10 dan ke-20.

- 3) Pasien ganti baju dengan baju yang telah disiapkan dan melepaskan aksesoris yang digunakan untuk disimpan di loker penyimpanan barang.

d. Verifikasi Geometri

1) Verifikasi Fraksi 1

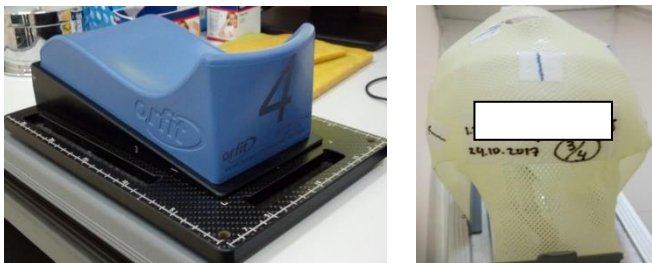
- a) Persiapkan gambar DRR dari TPS yang sudah di tandai titik referensi MLC dan anatominya. Tanda titik referensi dilakukan oleh radioterapis.



(a) (b)

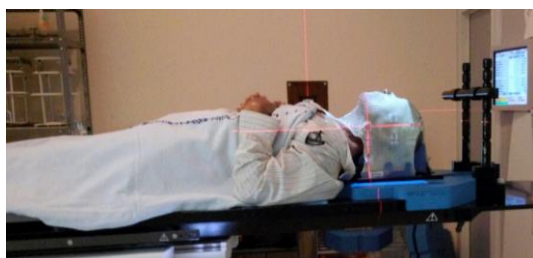
Gambar 3. Gambar DRR yang sudah ditandai titik referensi MLC (garis warna merah) dan anatomi (garis warna hijau)

- b) Pasien diposisikan sesuai dengan data dari CT Simulator (titik *reference point*) dan alat bantu fiksasi yang digunakan.



(a) (b)

Gambar 4. Alat Fiksasi yang digunakan (Fiksasi kepala (a) dan *thermoplastic mask 3 point* (b))



Gambar 5. Positioning pasien dan fiksasi

- c) Pergeseran titik dari CT *Reference Point* berdasarkan data pergeseran dari TPS. Pergeseran titik sentrasi dari TPS diberi tanda dengan spidol warna hitam.

MOVEMENT RELATIVE TO SCAN REFERENCE		
Sagittal Laser	0.09 cm	patient's right
Couch Longitudinal	8.00 cm	inferior
Coronal Laser	4.20 cm	anterior

Gambar 6. Panduan arah pergeseran dari TPS

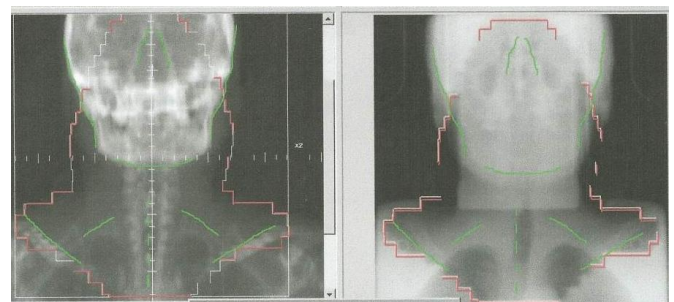
- d) Pengambilan gambar *portal image* posisi AP dan Lateral (Gantry 0 dan Gantry 270)



(a) (b)

Gambar 7. Proses Verifikasi dengan EPID posisi AP (a) dan Lateral Kanan (b)

- e) Verifikasi dengan menggunakan *software Iview GT*, pencocokan gambar radiograf/DRR (Digital *Reconstruction Radiograf*) proyeksi AP dan Lateral dengan kondisi aktual penyinaran (*portal image*).

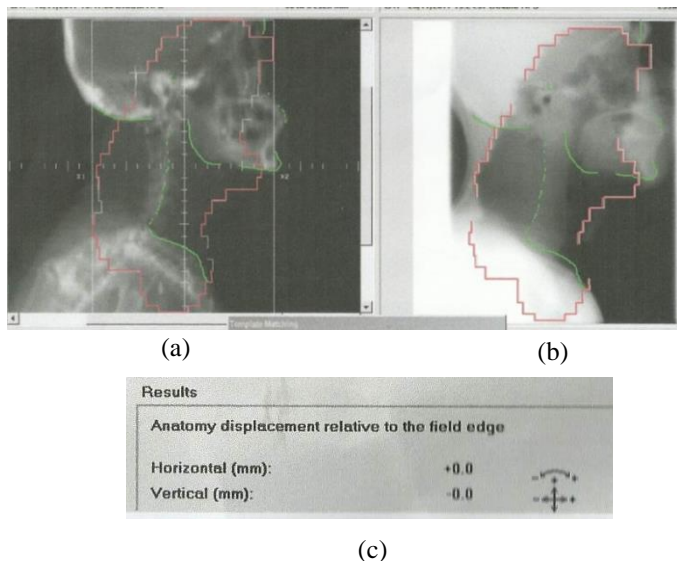


(a) (b)

Results	
Anatomy displacement relative to the field edge	
Horizontal (mm):	+0.0
Vertical (mm):	-0.0

(c)

Gambar 8. Proses Pencocokan Gambar DRR (a), Aktual (b), Proyeksi AP dan Hasil Koreksinya (c)



Gambar 9. Proses Pencocokan Gambar DRR (a), Aktual (b), Proyeksi Lateral dan Hasil Koreksinya (c)

- f) Pengambilan kesimpulan pada komputer Iview GT sejauh mana pergeseran dari DRR yang dibuat dari TPS dengan positioning dalam penyinaran.
 - g) Untuk menjamin kualitas dan keakurasian dalam penyinaran, proses verifikasi ini dilakukan pada penyinaran fraksi ke 1, 2, 3 dari titik pergeseran dari TPS, kemudian diambil rata-rata pergeseran pada fraksi 4. Kemudian dilakukan verifikasi lagi pada fraksi 10, 20 dengan titik *isocenter* yang baru.
 - h) Toleransi pergeseran untuk teknik penyinaran pada kasus kanker nasofaring adalah 0,2 cm.
3. Pergeseran geometri yang terjadi pada pasien teknik 3D konformal dengan kasus kanker nasofaring

Berdasarkan studi dokumentasi yang peneliti lakukan terhadap 10 sampel pergeseran geometri pada pasien teknik 3D konformal dengan kasus kanker nasofaring didapatkan hasil verifikasi berupa pergeseran pada setiap bidang orthogonal. Hasil pergeseran pada setiap bidang dianalisis untuk mendapatkan nilai rerata.

Tabel 1. Pergeseran pada sumbu lateral

No Sampel	Pergeseran posisi (cm)			Rerata
	Fraksi 1	Fraksi 2	Fraksi 3	
1	-1	-0.8	-1	-0.93
2	-0.4	-0.4	-0.4	-0.40
3	0.5	0.6	0.3	0.47
4	0.7	0.9	1	0.87
5	-0.3	0.2	0.2	0.03
6	0	-0.1	-0.1	-0.07
7	0.2	0.2	-0.1	0.10
8	-0.4	0.2	0	-0.07
9	0	0	0	0.00
10	-0.2	-0.2	-0.1	-0.17
Rata-rata				-0.02

Berdasarkan tabel 1, dari 10 sampel diperoleh rata-rata pengukuran pergeseran pada sumbu lateral pada fraksi 1, 2 dan 3 senilai -0.02 (kearah kiri) dari titik *isocenter*. Pergeseran terkecil senilai 0 (tidak ada pergeseran) dan pergeseran terbesar senilai -0.93 (kearah kiri) dari titik *isocenter*.

Tabel 2. Pergeseran pada sumbu longitudinal

No Sampel	Pergeseran posisi (cm)			Rerata
	Fraksi 1	Fraksi 2	Fraksi 3	
1	0.05	0.05	-0.05	0.02
2	0.35	0.3	0.4	0.35
3	0.5	0.1	0.4	0.33
4	-0.15	-0.05	0.15	-0.02
5	-0.05	-0.1	-0.05	-0.07
6	-0.1	-0.15	-0.2	-0.15
7	-0.5	-0.3	-0.1	-0.30
8	0.05	0.05	0.05	0.05
9	-0.15	-0.05	-0.15	-0.12
10	-0.3	-0.3	-0.25	-0.28
Rata-rata				-0.02

Berdasarkan tabel 2, dari 10 sampel diperoleh rata-rata pengukuran pergeseran pada sumbu longitudinal pada fraksi 1, 2 dan 3 senilai -0.02 (kearah superior) dari titik *isocenter*. Pergeseran terkecil senilai ± 0.02 (kearah inferior-superior) dan pergeseran terbesar senilai 0.35 (kearah inferior) dari titik *isocenter*.

Tabel 3. Pergeseran pada sumbu vertikal

No Sampel	Pergeseran posisi (cm)			Rerata
	Fraksi 1	Fraksi 2	Fraksi 3	
1	-0.2	-0.5	-0.2	-0.30
2	0.2	0.2	0.1	0.17
3	2.4	2.3	2.3	2.33
4	-0.2	0	0	-0.07
5	-0.4	-0.2	-0.2	-0.27
6	0.4	0.2	0.2	0.27
7	0.7	0.5	0.2	0.47
8	0.3	0	0.2	0.17
9	-0.3	0	0.2	-0.03
10	2	1.7	1.8	1.83
Rata-rata				0.46

Berdasarkan tabel 3, dari 10 sampel diperoleh rata-rata pengukuran pergeseran pada sumbu vertikal pada fraksi 1, 2 dan 3 senilai 0.46 (kearah posterior) dari titik *isocenter*. Pergeseran terkecil senilai -0.03 (kearah anterior) dan pergeseran terbesar senilai 2.33 (kearah posterior) dari titik *isocenter*.

DISKUSI

1. Prosedur verifikasi geometri pada teknik 3D konformal radioterapi dengan kasus kanker nasofaring

Prosedur verifikasi geometri pada teknik 3D konformal radioterapi dengan kasus kanker nasofaring di Unit Radioterapi Instalasi Radiologi RSUP Dr. Sardjito Yogyakarta tidak ada persiapan khusus dalam persiapan pasien hanya radioterapis menjelaskan prosedur verifikasi yang akan dilakukan kepada pasien, karena sangat penting

untuk ketenangan dan kenyamanan pasien sebab verifikasi pada saat fraksi pertama membutuhkan waktu yang lama.

Persiapan alat dan bahan pada prosedur verifikasi geometri antara lain : Pesawat penyinaran yang dilengkapi dengan EPID, data rekam medis pasien, *thermoplastik mask 3 point, whole body base plate*, alat fiksasi, DRR dari TPS, dan selimut.

Menurut Hoskin (2007), peralatan yang dibutuhkan untuk verifikasi diputuskan untuk masing-masing radioterapi seperti pengambilan *reference image*, pengambilan *portal image*, pencocokkan gambar, penyimpanan data, dan konektivitas antara peralatan.

Menurut peneliti, peralatan yang dibutuhkan untuk verifikasi sudah sesuai dengan teori menurut Hoskin (2007), adanya DRR merupakan *reference image* yang dihasilkan dari TPS, pengambilan *portal image* dilakukan dengan menggunakan EPID, proses pencocokkan gambar, kemudian hasil dari pergeseran disimpan dalam komputer dan rekam medis pasien. Alat fiksasi yang digunakan pada kasus kanker nasofaring sudah lengkap.

Verifikasi geometri pada teknik 3D konformal radioterapi dengan kasus kanker nasofaring dilakukan pada fraksi 1 sampai 3 pada saat awal penyinaran. Kemudian, fraksi 4 diambil rata-rata dari jumlah pergeseran pada fraksi 1 sampai 3. Setelah mendapatkan titik *isocenter* yang baru, verifikasi dilakukan pada fraksi ke-10 dan ke-20.

Verifikasi radioterapi adalah proses untuk memastikan bahwa volume tumor yang diradiasi adalah sama seperti yang direncanakan. Verifikasi geometri yaitu untuk memastikan radiasi pada lokasi yang tepat (Hoskin, 2007). Menurut Hoskin (2007), protokol verifikasi radioterapi dilakukan pada fraksi 1 sampai 3 pada saat awal penyinaran. Kemudian fraksi 4 dan 5 diambil rata-rata dari jumlah pergeseran pada fraksi 1 sampai 3. Setelah mendapatkan titik *isocenter* yang baru verifikasi dilakukan seminggu sekali atau setelah mendapatkan 5 kali penyinaran.

Menurut peneliti, meskipun dalam pelaksanaan verifikasi geometri yang dilakukan di RSUP dr. Sardjito Yogyakarta dengan jumlah tersebut, sudah cukup untuk memberikan akurasi yang baik untuk verifikasi. Pengulangan verifikasi untuk lebih *safety*, setelah mendapatkan titik *isocenter* yang baru sebaiknya dilakukan satu minggu sekali atau setelah mendapatkan 5 fraksi penyinaran. Hal ini disebabkan karena jika terjadi perubahan anatomi atau bentuk ukuran tumor yang terjadi pada pasien selama menjalani penyinaran agar lebih mudah terkontrol.

Prosedur verifikasi geometri dimulai dari memposisikan pasien sesuai data dari CT-Simulator. *Thermoplastik mask 3 point* dan fiksasi yang digunakan harus sesuai dengan yang dipakai pada saat CT- Simulator. Jika ada pergeseran titik dari data TPS, pasien digeser sesuai dengan arahan dari TPS. Kemudian, diambil gambar *portal image* dari posisi AP dan lateral kanan menggunakan EPID. Setelah proses pengambilan gambar

portal image, gambar tersebut dicocokkan dengan gambar DRR dengan bantuan titik referensi MLC dan anatomi yang sudah dibuat. Kemudian *software i-view* menghitung otomatis pergeseran yang terjadi. Pergeseran yang terjadi pada posisi AP dan Lateral kanan dimasukkan ke dalam komputer untuk dihitung pergeseran pada bidang vertikal, lateral dan longitudinal. Jika pergeseran melebihi toleransi yaitu 0,2 cm maka titik sentrasi pada pasien digeser sesuai pergeseran yang terjadi.

Menurut Hoskin (2007), proses verifikasi harus mempertimbangkan peralatan dan infrastruktur teknis, protokol pencitraan verifikasi, pengukuran variasi *set-up error*, toleransi dan koreksi. Alat fiksasi yang digunakan mencakup daerah bahu, dimana lapangan daerah bahu mencakup daerah leher bawah dan fosa supraklavikula.

Menurut peneliti, pada proses verifikasi sudah sesuai dengan teori Hoskin (2007), hanya pada penggunaan alat fiksasi *thermoplastik mask* pada pasien teknik 3D konformal dengan kasus kanker nasofaring sebaiknya menggunakan *thermoplastik mask* yang 4 *point*, karena untuk lebih memfiksasi daerah kepala, leher dan bahu sehingga posisi tetap dan tidak berubah. Untuk *thermoplastik mask* yang 3 *point* tidak memfiksasi bagian bahu, sehingga posisi bahu bisa berubah.

2. Pergeseran geometri yang terjadi pada pasien teknik 3D konformal dengan kasus kanker nasofaring

Hasil verifikasi pergeseran 10 sampel pada studi dokumentasi didapatkan hasil rerata pergeseran fraksi 1,2 dan 3 pada sumbu vertikal senilai 0.46 cm (kearah posterior), pada sumbu longitudinal senilai -0.02 cm (kearah superior) dan pada sumbu lateral senilai -0.02 cm (kearah kiri) dari titik *isocenter*.

Toleransi pergeseran yang ditetapkan di RSUP dr. Sardjito Yogyakarta pada kasus kanker nasofaring yaitu 0.2 cm, sehingga pada hasil pergeseran yang terjadi pada setiap fraksi yang melebihi dari 0.2 cm dilakukan koreksi pergeseran *isocenter*.

Menurut Hoskin (2007) pada daerah kepala dan leher memiliki tingkat toleransi 2-3 mm. Toleransi merupakan pengukuran *set up error* yang masih dapat diperbolehkan dalam pengukuran. Dalam kasus verifikasi, batasan toleransi akan menjadi kisaran yang diizinkan pada *set up error* dari titik acuan.

Menurut peneliti, toleransi pergeseran yang dilakukan di RSUP dr. Sardjito Yogyakarta pada kasus kanker nasofaring sudah baik dan sesuai teori, karena semakin kecil toleransinya semakin baik akurasi geometri untuk penyinarannya.

Verifikasi merupakan salah satu komponen penting dalam proses radioterapi. Verifikasi bertujuan untuk mendeteksi kesalahan dalam pelaksanaan terapi. Dengan verifikasi memastikan radiasi pada lokasi yang tepat, sehingga volume tumor yang akan diradiasi sesuai seperti yang direncanakan. Proses melakukan verifikasi dapat diketahui besar variasi *set-up error* atau pergeseran yang terjadi. *Set-up error* akan selalu ditemukan dalam suatu

proses radioterapi eksternal. Sumber dari hal ini dapat berasal dari pasien maupun teknik, baik dalam perencanaan maupun pelaksanaan radiasi.

Penggunaan EPID dalam verifikasi mendapatkan informasi lapangan 3 dimensi (x, y, z) atau yang sering disebut sumbu lateral, longitudinal dan vertikal. *Imaging* yang dibuat memberikan kemudahan pada perhitungan koreksi perpindahan meja yang diperlukan untuk memposisikan pasien.

Pergeseran yang terjadi bisa disebabkan karena perubahan posisi pasien, bentuk atau ukuran (misalnya perubahan berat badan, rambut rontok, masker yang kurang pas, dll).

SIMPULAN

1. Prosedur verifikasi geometri pada teknik 3D konformal radioterapi dengan kasus kanker nasofaring di Unit Radioterapi Instalasi Radiologi RSUP Dr. Sardjito Yogyakarta yang dibutuhkan adalah DRR, pengambilan gambar *portal image*, pencocokkan gambar, penyimpanan data pergeseran. Verifikasi geometri yang dilakukan adalah pada awal fraksi 1, 2 dan 3 kemudian di fraksi ke-4 diambil rerata pergeseran dari fraksi 1, 2 dan 3 untuk mendapatkan titik *isocenter* yang baru. Setelah mendapatkan titik *isocenter* yang baru verifikasi dicek kembali pada saat fraksi ke-10 dan ke-20.
2. Besar rerata variasi pergeseran geometri yang didapatkan berdasarkan studi dokumentasi berturut-turut pada sumbu vertikal 0.46 cm (kearah posterior), pada sumbu longitudinal -0.02 cm (kearah superior) dan pada sumbu lateral -0.02 cm (kearah kiri) dari titik *isocenter*.

DAFTAR PUSTAKA

Abramson Cancer Center of the University of Pennsylvania. 2014. Pictorial Overview of the Radiation Therapy Treatment Process.

- Adam Faisal. 2013. Verifikasi Geometri Radioterapi Teknik 3DCRT/IMRT Pada Kasus Kanker Kepala dan Leher di Departemen Radioterapi RSCM.
- Adham M., Kurniawan AN., Muhtadi AI, dkk. 2012. Nasopharyngeal Carcinoma in Indonesia: Epidemiology, Incidence, Signs, and Symptoms at Presentation. *Chin J Cancer*.
- Ball John. 2000. *Chesney Radiographic Imaging*. Cambridge: The University Press.
- Beyzadeoglu, Murat., O. Gokhan, dan E. Cuneyt. 2010. *Basic Radiation Oncology*. Verlag Berlin Helderberg: Springer.
- Globocan. 2012. Estimated Cancer Incidence, Mortality and Prevalence Worldwide. http://globocan.iarc.fr/Pages/fact_sheets_population.aspx
- Goyal S, Kataria T. 2014. Image Guidance in Radiation Therapy: Techniques and Applications. *Radiology Research and Practice*. doi:10.1155/2014/705604
- Gupta T, Narayan CA. 2012. Image-guided Radiation Therapy: Physician's Perspectives. *J Med Phys*.37 (4):174-182.
- Herawati, Sri dan Rukmini, Sri. 2003. *Ilmu Penyakit Telinga Hidung Tenggorokan*. Jakarta: EGC.
- Hoskin P., Gaze M., Greener T, dkk. 2007. On Target Ensuring Geometric Accuracy in Radiotherapy : Principles of Geometric Verification. Royal College of Radiologists.
- James D.Cox dan K. Kian Ang. 2010. *Radiation Oncology 9th edition*. Philadelphia: Mosby Elsevier.
- Mileusnic D. 2005. Verification and Correction of Geometrical Uncertainties in Conformal Radiotherapy. *Arch Oncol*: 13 (3-4):140-4.
- Perez, dkk. 2008. *Principles and Practice of Radiation Oncology 5th edition*. LWW.
- Siebers JV., Keall PJ., Wu Q., Williamson JF., Schmidt-Ullrich RK. 2005. Effect of Patient Setup Errors on Simultaneously Integrated Boost Head and Neck IMRT Treatment Plan. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*; 63: 422-433.
- Stroom JC dan Heijmen BJM. 2002. Geometrical Uncertainties, Radiotherapy Planning Margins, and The ICRU-62 Report. *Radiotherapy Oncol* 64: 75-83.
- User manual. 2016. *Electronic Portal Imaging Device IViewGT*.
- Van Herk M. 2004. Errors and margins in radiotherapy. *Semin Radiat Oncol*. 14: 52-64.
- Zumsteg Z., DeMarco J., Lee SP, dkk. 2012. Image guidance during head-and-neck cancer radiation therapy: analysis of alignment trends with in-room conebeam computed tomography scans. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*; 83: 712-719.