

# Pengaruh ketebalan MLC (*Multileaf Collimator*) terhadap distribusi dosis target dan OAR (*Organ at risk*) dengan teknik IMRT (*Intensity Modulated Radiation Therapy*) pada kasus nasofaring

Cecilia Nova Wijaya<sup>1</sup>, Darmawati<sup>2</sup>, Anung Muharini<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Nuklir, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, 55281, Yogyakarta, Indonesia

<sup>2</sup> Instalasi Radiologi, RSUP Dr. Sardjito, 55281, Yogyakarta, Indonesia

E-mail : [cecilia.nova.wijaya@mail.ugm.ac.id](mailto:cecilia.nova.wijaya@mail.ugm.ac.id)

Naskah Masuk 5 Agustus 2022

Naskah Revisi 8 Januari 2023

Naskah Diterima 3 Maret 2023

Naskah Terbit 21 Juni 2023

**Abstrak:** Perbedaan *multileaf collimator* (MLC) yang digunakan pada linac memiliki pengaruh terhadap akurasi pada saat segmentasi dan besar paparan dosis yang diterima target dan OAR. Penelitian dilakukan di RSUP Dr. Sardjito, Yogyakarta terhadap 10 data pasien kanker *nasopharynx* dengan teknik IMRT (*Intensity Modulated Radiation Therapy*). Variabel bebas penelitian ini adalah ketebalan MLC yang digunakan, yaitu 5 mm dan 10 mm, serta variabel terikatnya adalah konformitas dan heterogenitas dosis pada target dan distribusi dosis pada organ. Hasil dari penelitian ini adalah MLC dengan ketebalan 5 mm mampu memberikan penambahan pada nilai *conformity index* (CI) dibandingkan dengan ketebalan 10 mm, yaitu 6,38% tanpa optimasi dan 1,44% dengan optimasi, serta pengurangan pada nilai *heterogeneity index* (HI), yaitu 1,62% tanpa optimasi dan 1,44% dengan optimasi. MLC dengan ketebalan 5 mm mampu memberikan pengurangan pada rata-rata nilai dosis minimum dibandingkan dengan ketebalan 10 mm, yaitu 3,82% tanpa optimasi dan 4,74% dengan optimasi, tetapi dengan penambahan rata-rata dosis maksimum dan dosis rata-rata, yaitu 2,55% dan 1,36% tanpa optimasi, serta 1,38% dan 0,24% dengan optimasi. Ketebalan MLC yang semakin tipis membuat keakuratan dalam membuat lapangan penyinaran menjadi semakin tinggi, sehingga distribusi dosis pada target menjadi lebih baik. Lokasi target dan OAR bisa memberikan dampak pada dosis yang diterima.

**Abstract:** Multileaf collimator (MLC) thickness has an influence on accuracy during segmentation and dose distribution for the target and OAR. The study was conducted at RSUP Dr. Sardjito, Yogyakarta, using 10 *nasopharynx* cancer patients' data with IMRT (Intensity Modulated Radiation Therapy) technique. The independent variable of this study is the thickness of the MLC used, which is 5 mm and 10 mm, and the dependent variable is the conformity and heterogeneity of dose distribution for target and dose distributions in organs. The results of this study are MLC with a thickness of 5 mm increases the conformity index (CI) compared to the thickness of 10 mm, which is 6.38% without optimization and 1.44% with optimization, and reduces the heterogeneity index (HI), which is 1.62% without optimization and 1.44% with optimization. MLC with a thickness of 5 mm reduces the average minimum dose value compared to a thickness of 10 mm, which is 3.82% without optimization and 4.74% with optimization, however, increases the average maximum dose and average dose, which is 2.55% and 1.36% without optimization, and 1.38% and 0.24% with optimization. Thinner MLC increases the accuracy in irradiation field segmentation; therefore, the dose distribution is better.

**Kata kunci:** kanker *nasopharynx*, IMRT, MLC, distribusi dosis

**Keywords:** *nasopharynx cancer*, IMRT, MLC, dose distribution

## 1. Pendahuluan

Kanker *nasopharynx* atau karsinoma *nasopharynx* (KNF) merupakan sel ganas yang muncul pada daerah *nasopharynx* yang terletak di atas tenggorokan dan di belakang hidung. Berdasarkan data statistik yang dikeluarkan oleh Globocan pada tahun 2020, kanker *nasopharynx* menempati peringkat lima dengan jumlah kasus baru di Indonesia mencapai 19.943 kasus dan jumlah kematian mencapai 5,7%.<sup>1</sup>

Pada umumnya, teknik IMRT (*Intensity Modulated Radiation Therapy*) menjadi standar pengobatan untuk kanker *nasopharynx* secara global, tetapi tidak menutup kemungkinan penggunaan teknik lain, dengan syarat spesifikasi dosis dan batasan dosis bisa terpenuhi.<sup>2</sup> Teknik IMRT merupakan pengembangan dari metode 3DCRT (*Conformal Radiation Therapy*), di mana pada perancangan terapi, besar intensitas radiasi dimodifikasi untuk mencapai nilai maksimal pada organ target dan mencapai nilai minimal pada OAR atau *organ at risk*.<sup>3,4</sup>

Untuk mendapatkan intensitas radiasi yang berbeda-beda, pada mobilitas linac atau *linear accelerator* terdapat komponen MLC atau *multileaf collimator* (MLC) untuk membentuk lapangan penyinaran radiasi. Komponen MLC merupakan kolimator yang memiliki bidang-bidang yang dapat dikendalikan dengan program komputer.<sup>5</sup> Perancangan radioterapi perlu memperhatikan dosis yang diterima target dan juga organ di sekitar target. Dosis pada target tumor harus homogen, sementara dosis pada OAR harus seminimal mungkin. Pada ICRU (International Commission on Radiation Units and Measurements) *Report No. 50*, dicantumkan bahwa rekomendasi dosis pada volume target harus berada pada rentang 95% hingga 107% dari dosis preskripsi.<sup>6,7</sup>

Hipotesis yang diangkat adalah semakin kecil ketebalan MLC maka semakin baik hasil perancangan radioterapi. Apabila MLC semakin tipis, maka lapangan radiasi bisa semakin menyerupai bentuk target dan juga bentuk OAR, sehingga bisa meningkatkan keakuratan radiasi. Hipotesis tersebut didukung oleh beberapa penelitian sebelumnya terkait pengaruh ketebalan MLC pada perancangan radioterapi.<sup>8-10</sup> Penelitian-penelitian tersebut memiliki variabel yang berbeda-beda, misalnya pada teknik penyinaran, modalitas ataupun kasus kanker yang diteliti.

Salah satu contohnya adalah penelitian yang dilakukan pada tahun 2002. Fiveash dkk melakukan penelitian untuk menguji pengaruh ketebalan MLC pada penyebaran dosis untuk pengobatan penyakit Sistem Saraf Pusat (SSP) dan neoplasma kepala dan leher menggunakan teknik IMRT. Penelitian dilakukan dengan menggunakan MLC ketebalan 5 mm dan 10 mm terhadap 3 pasien kanker SSP. Parameter yang dianalisis adalah kesesuaian dosis yang diberikan dengan area target atau konformitas, serta perbandingan besar volume OAR yang menerima dosis sama dengan atau lebih besar dari 90% dosis yang diberikan ( $V_{90}$ ). Kesimpulan dari penelitian tersebut adalah MLC dengan ketebalan 5 mm mampu memberikan distribusi dosis yang lebih baik daripada MLC dengan ketebalan 10 mm.<sup>8</sup>

Terdapat beberapa kekurangan dari penelitian tersebut, yaitu tidak dilakukan perbandingan dengan parameter *heterogeneity index*. Walaupun IMRT merupakan salah satu teknik penyinaran yang canggih, sering kali dosis yang diberikan tidak terdistribusi secara homogen. Padahal penyinaran yang baik harus mampu memberikan distribusi yang homogen terhadap target. Selain itu, setiap OAR memiliki batas dosis yang berbeda-beda, di mana ada kemungkinan batas tersebut bernilai lebih kecil dari 90% dosis yang diberikan, oleh karena itu parameter besar  $V_{90}$  kurang efektif untuk digunakan sebagai acuan penelitian.

Penelitian terdahulu lainnya belum meneliti hubungan antara ketebalan MLC dengan membandingkan DVH target dan OAR dengan menggunakan teknik IMRT pada kasus Kanker *nasopharynx*, padahal perbedaan MLC yang digunakan memiliki pengaruh terhadap akurasi pada saat segmentasi dan besar paparan dosis yang diterima target dan OAR. Perlu dilakukan perbandingan antara variasi ketebalan MLC untuk mendapatkan hasil perancangan radioterapi yang terbaik, oleh karena itu perlu diadakan penelitian lebih lanjut terkait pengaruh ketebalan MLC terhadap distribusi dosis target dan OAR dengan teknik IMRT pada kanker *nasopharynx* di RSUP Dr. Sardjito.

## 2. Bahan dan metode

Penelitian ini dilakukan di Instalasi Kanker Terpadu atau ICC (*Integrated Cancer Center*) Tulip RSUP Dr. Sardjito, Yogyakarta. Penelitian ini menggunakan analisis data rekam medis hasil perencanaan radioterapi kanker *nasopharynx*. Variabel bebas dari penelitian ini adalah variasi ketebalan MLC yang digunakan, yaitu 5 mm dan 10 mm. Data yang diambil dari *database treatment planning system* (TPS) RSUP Dr. Sardjito merupakan hasil perencanaan radioterapi dengan MLC ketebalan 10 mm. Selanjutnya akan dilakukan perencanaan ulang dengan MLC ketebalan 5 mm tanpa merubah variabel tetap, yaitu teknik penyinaran IMRT, dosis total, jumlah fraksi, jenis OAR, dan jumlah segmentasi

Adapun variabel terikat yang dianalisis adalah kesesuaian distribusi dosis dengan bentuk target (*conformality*), heterogenitas dosis dalam volume target dan dosis pada OAR. Kesesuaian distribusi dosis dengan bentuk target dapat

ditentukan dengan nilai *conformity index* (CI). Heterogenitas dosis dalam volume target dapat ditentukan dengan nilai *heterogeneity index* (HI). Dosis pada OAR dapat dievaluasi dengan membandingkan besar dosis maksimal, dosis minimal dan dosis rata-rata yang diterima masing-masing organ. Perbandingan dilakukan untuk masing-masing ketebalan.

Nilai CI dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (1), di mana, PIV atau *prescribed isodose volume* merupakan volume area yang menerima 100% dari dosis yang ditentukan.<sup>11,12</sup>

$$CI = \frac{PIV}{Volume PTV} \quad (1)$$

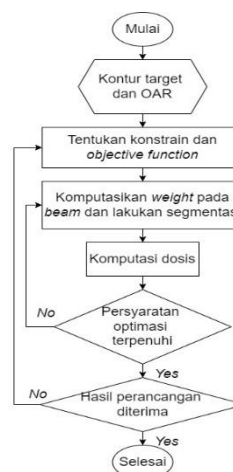
*Heterogeneity Index* dapat dihitung menggunakan persamaan (2).<sup>13</sup>

$$HI = \frac{Dosis\ maksimal\ yang\ diterima\ 5\% \text{ dari volume PTV}}{Dosis\ minimal\ yang\ diterima\ 95\% \text{ dari volume PTV}} \quad (2)$$

## 2.1. Tata laksana penelitian



**Gambar 1.** Alur pelaksanaan penelitian



**Gambar 2.** Diagram alur perencanaan IMRT

Tahap pelaksanaan penelitian secara umum adalah sebagai berikut.

### a. Pengambilan data

Penelitian dimulai dengan mengumpulkan 10 data pasien kanker *nasopharynx* yang sudah menjalani pengobatan radioterapi dengan metode IMRT di RSUP Dr. Sardjito. Data tersebut diambil dari hasil perancangan Fisikawan Medis yang disimpan di *database* TPS RSUP Dr. Sardjito. Data tersebut ditransfer ke komputer TPS Monaco untuk dilakukan perencanaan ulang.

### b. Perencanaan ulang

Hasil perencanaan terapi tersebut dirancang kembali dengan menggunakan MLC ketebalan 5 mm menggunakan TPS Monaco di ruang TPS ICC RSUP Dr. Sardjito. Alur perencanaan terapi IMRT bisa dilihat pada gambar 2 berikut. Perencanaan ulang dilakukan dengan mengganti mesin yang digunakan, sehingga tebal MLC juga berganti (Elekta Synergy Platform untuk MLC 10 mm dan VersaHD untuk MLC 5 mm)

### c. Analisis data dan penarikan kesimpulan

Data hasil perencanaan dengan MLC ketebalan 10 mm akan dibandingkan dengan hasil perencanaan ulang dengan MLC ketebalan 5 mm. Setelah itu akan ditarik kesimpulan dari penelitian ini.

## 2.2. Analisis hasil penelitian

Evaluasi hasil penelitian ini dilakukan dengan membandingkan distribusi dosis pada organ target dan OAR untuk masing-masing ketebalan menggunakan DVH. Parameter yang dievaluasi adalah konformitas dan heterogenitas target, serta distribusi dosis pada OAR.

Parameter *conformity index* dan *heterogeneity index* target pada masing-masing kasus bisa didapatkan pada DVH *index report* yang didapatkan dari hasil komputasi TPS. Nilai-nilai tersebut akan diolah dalam bentuk tabel.

Distribusi dosis pada OAR dapat dievaluasi dengan membandingkan besar dosis minimal, dosis maksimal dan dosis rata-rata yang diterima masing-masing organ untuk masing-masing ketebalan. Besar dosis tersebut dapat ditemukan pada DVH *static report* dari hasil perhitungan TPS. Pada penelitian ini terdapat 18 OAR yang dianalisis, yakni tertera pada tabel 3.

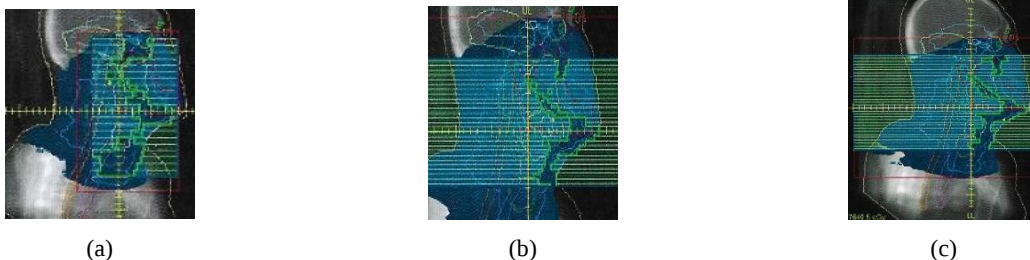
## 3. Hasil dan pembahasan

Data yang dianalisis pada penelitian ini merupakan data riil dari 10 pasien yang mendapatkan pengobatan radioterapi di ICC RSUP Dr. Sadjito, Yogyakarta. Kriteria dari data tersebut adalah hasil perancangan pada tahun 2022, yakni dari bulan Februari sampai bulan April.

Hasil perencanaan yang didapat dari TPS merupakan hasil perencanaan menggunakan MLC dengan ketebalan 10 mm. Perencanaan tersebut dirancang ulang menggunakan MLC dengan ketebalan 5 mm di bawah pengawasan fisikawan medik. Perencanaan ulang dilakukan dengan mengganti mesin yang digunakan, di mana pada perancangan MLC dengan ketebalan 10 mm menggunakan mesin *platform* menjadi mesin dengan MLC ketebalan 5 mm, yakni mesin Versa. Setelah dilakukan simulasi kembali tanpa perubahan konstrain apapun, ternyata hasil perencanaan tersebut tidak optimal, karena pada semua pasien terdapat banyak OAR yang tidak sesuai dengan kriteria batas toleransi dosis. Oleh karena itu, dilakukan optimasi pada perencanaan setelah simulasi.

Optimasi dilakukan dengan merubah konstrain pada IMRT, yakni *isoconstraint* dan *isoeffect*. *Isoconstraint* merupakan besar parameter nilai dosis *uniform* pada OAR tertentu yang ditentukan oleh fisikawan medik, sedangkan *isoeffect* merupakan besar parameter nilai dosis *uniform* pada OAR tertentu hasil perhitungan dari optimasi. Penambahan pada nilai *isoconstraint* membuat dosis yang diterima semakin besar. Hasil optimasi menunjukkan dosis yang diterima OAR menjadi sesuai dengan kriteria batas toleransi dosis, sehingga terdapat 3 perencanaan yang akan dibandingkan pada penelitian ini, yaitu perencanaan dengan MLC ketebalan 10 mm, perencanaan dengan MLC ketebalan 5 mm hasil optimasi (selanjutnya akan disebut dengan 5 mm (a)), serta perencanaan dengan MLC ketebalan 5 mm tanpa optimasi (selanjutnya akan disebut dengan 5 mm (b)).

Tampilan layar Monaco menampilkan simulasi posisi balok-balok MLC membentuk area penyinaran yang menyerupai target dan juga menutup OAR. Gambar 3 menampilkan simulasi posisi balok-balok MLC pada masing-masing ketebalan untuk pasien KH. Perbandingan secara visual menampilkan bahwa MLC dengan ketebalan 5 mm mampu membuat lapangan penyinaran yang semakin menyerupai target dan menutupi OAR. Selain itu, tidak terlihat adanya perbedaan yang signifikan secara visual antara MLC dengan ketebalan 5 mm tanpa optimasi dan MLC dengan ketebalan 5 mm dengan optimasi.



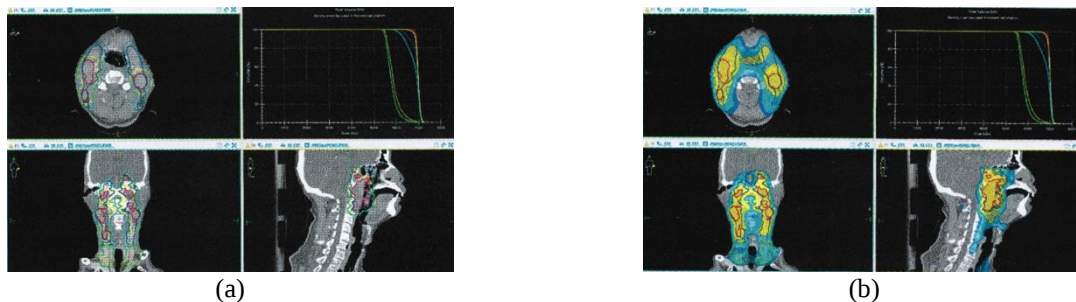
Keterangan : (a) merupakan hasil perencanaan dengan MLC ketebalan 10 mm, (b) merupakan hasil perencanaan dengan MLC ketebalan 5 mm tanpa optimasi dan (c) merupakan hasil perencanaan dengan MLC ketebalan 5 mm hasil optimasi

**Gambar 3.** Simulasi posisi balok MLC pada pasien KH

### 3.1. Analisis Distribusi Dosis yang diterima Target

Distribusi dosis yang diterima target akan dianalisis dengan 2 parameter, yaitu nilai *conformity index* (CI), dan *Heterogeneity Index* (HI). Pada perencanaan radioterapi untuk kanker *nasopharynx*, dokter membagi dosis yang diberikan menjadi beberapa tingkatan. Teknik ini disebut *multi-level dose*. Parameter tersebut akan diukur untuk masing-masing tingkatan dosis pada semua pasien. Pembagian level dosis ini berhubungan dengan posisi dan besar target, serta prioritas pengobatan. Penentuan terkait pembagian level dosis tersebut ditentukan oleh dokter yang bertugas.

Gambar 4 menampilkan tampilan 2D *multi-level dose* pada pasien HA, dimana garis dengan warna merah menandakan area GTV, garis dengan warna hijau menandakan area PTV yang menerima dosis 5400 cGy, garis dengan warna biru menandakan area PTV yang menerima dosis 6000 cGy, dan garis dengan warna kuning menandakan area PTV yang menerima dosis 7000 cGy. Pada kanan atas ditampilkan DVH dari keempat area tersebut.



Keterangan : (a) merupakan tampilan 2D, dan (b) merupakan tampilan persebaran dosis

**Gambar 4.** Tampilan *multi-level dose* pada pasien HA

**Tabel 1.** Peningkatan nilai CI pada target

| No | Nama Pasien | PTV | CI       |          |       | Peningkatan Nilai CI    |                         |
|----|-------------|-----|----------|----------|-------|-------------------------|-------------------------|
|    |             |     | 5 mm (a) | 5 mm (b) | 10 mm | 5 mm (a) terhadap 10 mm | 5 mm (b) terhadap 10 mm |
| 1  | KH          | 70  | 0,72     | 0,78     | 0,66  | 9,09%                   | 18,18%                  |
|    |             | 60  | 0,8      | 0,81     | 0,81  | -1,23%                  | 0,00%                   |
| 2  | HA          | 70  | 0,43     | 0,76     | 0,69  | -37,68%                 | 10,14%                  |
|    |             | 60  | 0,75     | 0,7      | 0,74  | 1,35%                   | -5,41%                  |
|    |             | 54  | 0,11     | 0,1      | 0,11  | 0,00%                   | -9,09%                  |
| 3  | DA          | 64  | 0,55     | 0,64     | 0,46  | 19,57%                  | 39,13%                  |
|    |             | 60  | 0,78     | 0,77     | 0,75  | 4,00%                   | 2,67%                   |
|    |             | 54  | 0,39     | 0,38     | 0,39  | 0,00%                   | -2,56%                  |
| 4  | SN          | 66  | 0,57     | 0,77     | 0,67  | -14,93%                 | 14,93%                  |
|    |             | 54  | 0,22     | 0,22     | 0,23  | -4,35%                  | -4,35%                  |
| 5  | AL          | 70  | 0,75     | 0,76     | 0,67  | 11,94%                  | 13,43%                  |
|    |             | 60  | 0,81     | 0,83     | 0,83  | -2,41%                  | 0,00%                   |
|    |             | 54  | 0,07     | 0,07     | 0,07  | 0,00%                   | 0,00%                   |
| 6  | HD          | 70  | 0,68     | 0,67     | 0,56  | 21,43%                  | 19,64%                  |
|    |             | 60  | 0,75     | 0,75     | 0,73  | 2,74%                   | 2,74%                   |
|    |             | 54  | 0,1      | 0,1      | 0,1   | 0,00%                   | 0,00%                   |

**Tabel 1.** Peningkatan nilai CI pada target (lanjutan)

| No        | Nama Pasien | PTV | CI       |          |       | Peningkatan Nilai CI    |                         |
|-----------|-------------|-----|----------|----------|-------|-------------------------|-------------------------|
|           |             |     | 5 mm (a) | 5 mm (b) | 10 mm | 5 mm (a) terhadap 10 mm | 5 mm (b) terhadap 10 mm |
| 7         | MJ          | 70  | 0,69     | 0,77     | 0,62  | 11,29%                  | 24,19%                  |
|           |             | 60  | 0,79     | 0,78     | 0,77  | 2,60%                   | 1,30%                   |
|           |             | 54  | 0,03     | 0,03     | 0,03  | 0,00%                   | 0,00%                   |
| 8         | SW          | 70  | 0,69     | 0,73     | 0,71  | -2,82%                  | 2,82%                   |
|           |             | 60  | 0,82     | 0,81     | 0,79  | 3,80%                   | 2,53%                   |
|           |             | 54  | 0,11     | 0,11     | 0,11  | 0,00%                   | 0,00%                   |
| 9         | HF          | 70  | 0,6      | 0,81     | 0,62  | -3,23%                  | 30,65%                  |
|           |             | 60  | 0,73     | 0,72     | 0,72  | 1,39%                   | 0,00%                   |
|           |             | 54  | 0,02     | 0,02     | 0,02  | 0,00%                   | 0,00%                   |
| 10        | FR          | 70  | 0,73     | 0,73     | 0,62  | 17,74%                  | 17,74%                  |
|           |             | 60  | 0,38     | 0,38     | 0,38  | 0,00%                   | 0,00%                   |
|           |             | 54  | 0,13     | 0,13     | 0,13  | 0,00%                   | 0,00%                   |
| Rata-Rata |             |     |          |          |       | 1,44%                   | 6,38%                   |

Nilai positif pada tabel perhitungan menunjukkan bahwa adanya peningkatan dari nilai CI dengan MLC ketebalan 5 mm (baik dengan optimasi ataupun tanpa optimasi) dibandingkan dengan MLC ketebalan 10 mm, sedangkan nilai negatif pada tabel perhitungan menunjukkan bahwa adanya pengurangan dari dosis yang diterima dengan MLC ketebalan 5 mm (baik dengan optimasi ataupun tanpa optimasi) dibandingkan dengan MLC ketebalan 10 mm.

Berdasarkan tabel tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai CI pada kedua perencanaan dengan MLC ketebalan 5 mm (baik dengan optimasi ataupun tanpa optimasi) lebih tinggi daripada dengan MLC ketebalan 10 mm, di mana kedua rata-rata hasil perbandingan tersebut bernilai positif. Nilai CI yang lebih tinggi berarti penyebaran dosis yang diberikan bisa semakin menyerupai dengan bentuk target, dan sebaliknya. Bisa disimpulkan bahwa MLC dengan ketebalan 5 mm (baik dengan optimasi maupun tanpa optimasi) bisa membuat area penyinaran yang lebih baik dibandingkan dengan MLC ketebalan 10 mm.

Data pada tabel 1 menunjukkan adanya fluktuasi pada peningkatan dan pengurangan, dimana peningkatan nilai CI bisa mencapai 39,13%, dan penurunan nilai CI bisa mencapai -37,68%. Peningkatan dan penurunan yang signifikan ini dipengaruhi oleh lokasi target dan OAR, serta volume kedua organ tersebut. Tujuan utama penggunaan MLC tidak hanya agar area penyinaran bisa semakin membentuk target, namun juga melindungi OAR. Perubahan secara signifikan umumnya terjadi pada PTV dengan dosis 70 Gy. Hal ini dikarenakan dosis tersebut diberikan di sekitar GTV, dimana terdapat banyak organ kritis yang mengelilingi GTV untuk kanker *nasopharynx*. Dosis 70 Gy merupakan dosis yang cukup tinggi dibandingkan batas dosimetri OAR. Level dosis 60 Gy dan 54 Gy pada umumnya diberikan pada daerah risiko penyebaran kanker dengan dosis yang lebih rendah, sehingga cenderung tidak memiliki perubahan yang signifikan pada nilai CI.

Apabila dibandingkan dengan perencanaan dengan MLC ketebalan 10 mm, perencanaan dengan MLC ketebalan 5 mm tanpa optimasi mampu memberikan peningkatan nilai CI yang lebih tinggi dari perencanaan dengan MLC ketebalan 5 mm dengan optimasi, di mana peningkatan nilai CI dengan MLC ketebalan 5 mm tanpa optimasi bisa mencapai 6,38% dan peningkatan nilai CI dengan MLC ketebalan 5 mm dengan optimasi hanya mencapai 1,44%.

**Tabel 2.** Pengurangan nilai HI pada target

| No | Nama Pasien | PTV | HI       |          |       | Pengurangan Nilai HI    |                         |
|----|-------------|-----|----------|----------|-------|-------------------------|-------------------------|
|    |             |     | 5 mm (a) | 5 mm (b) | 10 mm | 5 mm (a) terhadap 10 mm | 5 mm (a) terhadap 10 mm |
| 1  | KH          | 70  | 1,06     | 1,05     | 1,06  | 0,00%                   | 0,94%                   |
|    |             | 60  | 1,19     | 1,19     | 1,18  | -0,85%                  | -0,85%                  |

**Tabel 2.** Pengurangan nilai HI pada target (lanjutan)

| No        | Nama Pasien | PTV | HI       |          |       | Pengurangan Nilai HI    |                         |
|-----------|-------------|-----|----------|----------|-------|-------------------------|-------------------------|
|           |             |     | 5 mm (a) | 5 mm (b) | 10 mm | 5 mm (a) terhadap 10 mm | 5 mm (a) terhadap 10 mm |
| 2         | HA          | 70  | 1,04     | 1,04     | 1,06  | 1,89%                   | 1,89%                   |
|           |             | 60  | 1,14     | 1,15     | 1,16  | 1,72%                   | 0,86%                   |
|           |             | 54  | 1,14     | 1,15     | 1,13  | -0,88%                  | -1,77%                  |
| 3         | DA          | 64  | 1,06     | 1,06     | 1,08  | 1,85%                   | 1,85%                   |
|           |             | 60  | 1,09     | 1,14     | 1,12  | 2,68%                   | -1,79%                  |
|           |             | 54  | 1,17     | 1,09     | 1,18  | 0,85%                   | 7,63%                   |
| 4         | SN          | 66  | 1,07     | 1,06     | 1,1   | 2,73%                   | 3,64%                   |
|           |             | 54  | 1,17     | 1,18     | 1,18  | 0,85%                   | 0,00%                   |
| 5         | AL          | 70  | 1,05     | 1,04     | 1,06  | 0,94%                   | 1,89%                   |
|           |             | 60  | 1,2      | 1,18     | 1,22  | 1,64%                   | 3,28%                   |
|           |             | 54  | 1,08     | 1,09     | 1,11  | 2,70%                   | 1,80%                   |
| 6         | HD          | 70  | 1,04     | 1,04     | 1,06  | 1,89%                   | 1,89%                   |
|           |             | 60  | 1,17     | 1,19     | 1,21  | 3,31%                   | 1,65%                   |
|           |             | 54  | 1,1      | 1,09     | 1,11  | 0,90%                   | 1,80%                   |
| 7         | MJ          | 70  | 1,05     | 1,05     | 1,06  | 0,94%                   | 0,94%                   |
|           |             | 60  | 1,17     | 1,17     | 1,17  | 0,00%                   | 0,00%                   |
|           |             | 54  | 1,11     | 1,11     | 1,12  | 0,89%                   | 0,89%                   |
| 8         | SW          | 70  | 1,06     | 1,05     | 1,06  | 0,00%                   | 0,94%                   |
|           |             | 60  | 1,2      | 1,2      | 1,21  | 0,83%                   | 0,83%                   |
|           |             | 54  | 1,13     | 1,13     | 1,16  | 2,59%                   | 2,59%                   |
| 9         | HF          | 70  | 1,05     | 1,05     | 1,07  | 1,87%                   | 1,87%                   |
|           |             | 60  | 1,19     | 1,19     | 1,25  | 4,80%                   | 4,80%                   |
|           |             | 54  | 1,2      | 1,2      | 1,19  | -0,84%                  | -0,84%                  |
| 10        | FR          | 70  | 1,06     | 1,05     | 1,08  | 1,85%                   | 2,78%                   |
|           |             | 60  | 1,18     | 1,17     | 1,21  | 2,48%                   | 3,31%                   |
|           |             | 54  | 1,11     | 1,11     | 1,14  | 2,63%                   | 2,63%                   |
| Rata-Rata |             |     |          |          |       | 1,44%                   | 1,62%                   |

Nilai positif pada tabel perhitungan menunjukkan bahwa adanya pengurangan dari nilai HI dengan MLC ketebalan 5 mm (baik dengan optimasi ataupun tanpa optimasi) dibandingkan dengan MLC ketebalan 10 mm, sedangkan nilai negatif pada tabel perhitungan menunjukkan bahwa adanya peningkatan dari nilai HI dengan MLC ketebalan 5 mm (baik dengan optimasi ataupun tanpa optimasi) dibandingkan dengan MLC ketebalan 10 mm.

Berdasarkan tabel tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai HI pada kedua perencanaan dengan MLC ketebalan 5 mm (baik dengan optimasi ataupun tanpa optimasi) lebih baik daripada dengan MLC ketebalan 10 mm, di mana kedua rata-rata hasil perbandingan tersebut bernilai positif. Nilai HI yang lebih rendah berarti penyebaran dosis yang diserap target semakin homogen atau seragam, dan sebaliknya. Bisa disimpulkan bahwa MLC dengan ketebalan 5 mm (baik dengan optimasi maupun tanpa optimasi) bisa memberikan dosis pada target yang lebih homogen atau seragam dibandingkan dengan MLC ketebalan 10 mm.

Apabila dibandingkan dengan perencanaan dengan MLC ketebalan 10 mm, perencanaan dengan MLC ketebalan 5 mm tanpa optimasi mampu memberikan pengurangan nilai HI yang lebih tinggi dari perencanaan dengan MLC ketebalan 5 mm dengan optimasi, di mana pengurangan nilai HI dengan MLC ketebalan 5 mm tanpa optimasi bisa mencapai 1,62% dan pengurangan nilai CI dengan MLC ketebalan 5 mm dengan optimasi hanya mencapai 1,44%.

Kesimpulan dari analisis distribusi dosis pada target adalah kedua perencanaan dengan MLC ketebalan 5 mm (baik dengan optimasi ataupun tanpa optimasi) mampu memberikan distribusi penyebaran dosis yang lebih baik, baik dalam aspek *conformity* dan juga *heterogeneity* dibandingkan dengan MLC ketebalan 10 mm.

### 3.2. Analisis dosis yang diterima OAR

Distribusi dosis yang diterima OAR diukur dengan 3 parameter, yaitu dosis minimal, dosis maksimal dan dosis rata-rata pada masing-masing OAR. Pada kasus kanker *nasopharynx* terdapat 18 OAR yang perlu diperhatikan dengan toleransi dosis yang berbeda-beda. Ketiga parameter ini digunakan untuk menentukan kemampuan MLC dalam melindungi OAR selama penyinaran.

Besar nilai dosis minimal, dosis maksimal dan dosis rata-rata pada masing-masing OAR dapat dilihat dari DVH *statistic report* hasil keluaran Monaco. Data dari tabel-tabel tersebut dirangkum dan diolah untuk menghitung besar pengurangan dosis minimal, dosis maksimal dan dosis rata-rata pada masing-masing OAR dan pasien. Perbandingan dilakukan antara perencanaan 5 mm (a) atau dengan optimasi dengan perencanaan 10 mm, serta perencanaan 5 mm (b) atau tanpa optimasi dengan perencanaan 10 mm. Rata-rata pengurangan masing-masing dosis pada semua OAR dirangkum dan diolah kembali untuk menghitung rata-rata pengurangan dosis yang diterima OAR pada penelitian ini.

**Tabel 3.** Rata-rata pengurangan dosis minimal, dosis maksimal, dan dosis rata-rata pada OAR

| No        | OAR                                                  | Dosis Minimum        |                      | Dosis Maksimal       |                      | Dosis Rata-Rata      |                      |
|-----------|------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|           |                                                      | 5 mm (a) vs<br>10 mm | 5 mm (b) vs<br>10 mm | 5 mm (a)<br>vs 10 mm | 5 mm (b)<br>vs 10 mm | 5 mm (a)<br>vs 10 mm | 5 mm (b)<br>vs 10 mm |
| 1         | Batang Otak / <i>Brainstem</i>                       | 5,84%                | 3,93%                | -0,53%               | -0,89%               | 2,03%                | 1,03%                |
| 2         | Mata Kanan / <i>Right Eye</i>                        | -0,96%               | -1,25%               | -0,21%               | -3,76%               | -3,30%               | -5,42%               |
| 3         | Mata Kiri / <i>Left Eye</i>                          | -5,97%               | -3,61%               | -0,32%               | -2,85%               | -4,25%               | -6,01%               |
| 4         | Lensa Mata Kanan / <i>Right Lens</i>                 | 9,28%                | 9,69%                | -6,24%               | -5,28%               | 2,33%                | 4,12%                |
| 5         | Lensa Mata Kiri / <i>Left Lens</i>                   | -2,61%               | -2,83%               | -1,86%               | -0,38%               | -2,17%               | -1,66%               |
| 6         | Kelenjar Parotis Kanan / <i>Right Parotis</i>        | 17,25%               | 14,10%               | -0,71%               | -1,39%               | 0,71%                | -1,12%               |
| 7         | Kelenjar Parotis Kiri / <i>Left Parotis</i>          | 9,93%                | 6,58%                | 0,75%                | -0,26%               | 0,30%                | -1,18%               |
| 8         | Kiasma / <i>Chiasma</i>                              | 4,63%                | -1,04%               | -0,71%               | -3,95%               | 2,29%                | -2,33%               |
| 9         | Sistem Saraf Pusat / <i>Medulla Spinalis</i>         | 0,68%                | 2,60%                | -2,31%               | -4,14%               | -0,07%               | -1,50%               |
| 10        | Kerongkongan / <i>Esophagus</i>                      | 4,38%                | 6,04%                | -1,85%               | -1,58%               | 0,69%                | 1,05%                |
| 11        | Tenggorokan / <i>Larynx</i>                          | 3,65%                | 3,88%                | -2,69%               | -3,92%               | -3,60%               | -4,09%               |
| 12        | Kelenjar Tiroid / <i>Thyroid</i>                     | 18,69%               | 20,33%               | 0,34%                | -0,14%               | -2,28%               | -2,54%               |
| 13        | Lobus Temporalis Kanan / <i>Right Temporal Lobes</i> | 7,43%                | 3,62%                | 0,41%                | -1,31%               | 1,24%                | -0,45%               |
| 14        | Lobus Temporalis Kiri / <i>Left Temporal Lobes</i>   | 5,88%                | 2,38%                | 0,34%                | -0,95%               | 4,72%                | 1,35%                |
| 15        | Rongga Mulut / <i>Oral Cavity</i>                    | 0,39%                | 6,42%                | -0,14%               | -0,14%               | -1,84%               | 1,58%                |
| 16        | Mandibula / <i>Mandible</i>                          | 6,19%                | 2,68%                | -0,16%               | 0,23%                | 0,79%                | 3,11%                |
| 17        | Saraf Optik Kanan / <i>Right Optic Nerve</i>         | 3,41%                | 0,35%                | -5,27%               | -8,47%               | -2,05%               | -7,15%               |
| 18        | Saraf Optik Kiri / <i>Left Optic Nerve</i>           | -2,82%               | -5,08%               | -3,59%               | -6,77%               | 0,14%                | -3,25%               |
| Rata-Rata |                                                      | 4,74%                | 3,82%                | -1,38%               | -2,55%               | -0,24%               | -1,36%               |

Nilai positif pada tabel perhitungan menunjukkan bahwa adanya pengurangan dari dosis yang diterima OAR dengan MLC ketebalan 5 mm (baik dengan optimasi ataupun tanpa optimasi) dibandingkan dengan MLC ketebalan 10 mm, sedangkan nilai negatif pada tabel perhitungan menunjukkan bahwa adanya peningkatan dari dosis yang diterima OAR dengan MLC ketebalan 5 mm (baik dengan optimasi ataupun tanpa optimasi) dibandingkan dengan MLC ketebalan 10 mm.

Berdasarkan pengamatan pada pengurangan dosis minimal, terdapat fluktuasi yang signifikan, dimana penurunan dosis minimal bisa mencapai 20,33% dan peningkatan dosis minimal bisa mencapai -5,97%. Perbedaan yang signifikan ini dipengaruhi oleh lokasi OAR dan target. Apabila OAR semakin dekat dengan lokasi target, maka perubahan dari besar dosis yang diterima akan semakin signifikan. Dosis minimal yang diterima OAR pada kedua perencanaan dengan MLC ketebalan 5 mm (baik dengan optimasi ataupun tanpa optimasi) lebih rendah daripada dengan MLC ketebalan 10 mm, di mana kedua rata-rata hasil perbandingan tersebut bernilai positif. Apabila dibandingkan dengan perencanaan dengan MLC ketebalan 10 mm, perencanaan dengan MLC ketebalan 5 mm hasil optimasi mampu memberikan pengurangan dosis minimal yang diterima OAR yang lebih tinggi dari perencanaan dengan MLC ketebalan 5 mm tanpa optimasi, di mana pengurangan dosis minimal yang diterima OAR dengan MLC ketebalan 5 mm hasil optimasi bisa mencapai 4,74% dan pengurangan dosis minimal yang diterima OAR dengan MLC ketebalan 5 mm tanpa optimasi hanya mencapai 3,82%.

Berdasarkan pengamatan pada pengurangan dosis maksimal, dapat disimpulkan bahwa adanya peningkatan pada dosis maksimal yang diterima OAR pada perencanaan dengan MLC ketebalan 5 mm (baik dengan optimasi ataupun tanpa optimasi) dibandingkan dengan MLC ketebalan 10 mm, di mana kedua rata-rata hasil perbandingan tersebut bernilai negatif. Perencanaan dengan MLC ketebalan 5 mm hasil optimasi mampu memberikan penambahan dosis maksimal pada OAR yang lebih rendah dibandingkan dengan perencanaan dengan MLC ketebalan 5 mm tanpa optimasi. Penambahan pada dosis maksimal yang diterima OAR dengan MLC ketebalan 5 mm hasil optimasi hanya mencapai 1,38%, sedangkan pada MLC ketebalan 5 mm tanpa optimasi bisa mencapai 2,55%.

Berdasarkan pengamatan pada pengurangan dosis rata-rata, terdapat peningkatan pada dosis rata-rata yang diterima OAR pada perencanaan dengan MLC ketebalan 5 mm (baik dengan optimasi ataupun tanpa optimasi) dibandingkan dengan MLC ketebalan 10 mm, di mana kedua rata-rata hasil perbandingan tersebut bernilai negatif. Perencanaan dengan MLC ketebalan 5 mm hasil optimasi mampu memberikan penambahan dosis rata-rata pada OAR yang lebih rendah dibandingkan dengan perencanaan dengan MLC ketebalan 5 mm tanpa optimasi. Penambahan pada dosis rata-rata yang diterima OAR dengan MLC ketebalan 5 mm hasil optimasi hanya mencapai 0,24%, sedangkan pada MLC ketebalan 5 mm tanpa optimasi bisa mencapai 1,36%.

Hasil dari analisis distribusi dosis pada OAR adalah kedua perencanaan dengan MLC ketebalan 5 mm (baik dengan optimasi ataupun tanpa optimasi) mampu memberikan dosis minimal yang lebih rendah pada OAR, namun dosis maksimal dan dosis rata-rata yang lebih tinggi. Dosis yang lebih tinggi memberikan efek samping yang lebih tinggi pula. Lokasi dan besar target memiliki pengaruh yang besar pada dosis yang diterima OAR. Semakin dekat lokasi OAR dengan target tentunya membuat perhitungan dosis yang diterima OAR tersebut akan sulit untuk mencapai batas dosis toleransi organ, terutama karena dosis preskripsi yang diberikan pada semua kasus tergolong cukup tinggi, yaitu hampir mencapai 70 Gy.

Tetapi, apabila volume OAR yang ditimpa dengan volume target terlalu besar, maka OAR tersebut tidak dimasukkan dalam perhitungan dosis toleransi agar batas toleransi dosis OAR tersebut tidak mempengaruhi distribusi dosis pada target. Contohnya pada organ kelenjar tiroid. Lokasi kelenjar tiroid pada umumnya sangat dekat dengan lokasi tumor sehingga penyebaran tumor menyebar ke kelenjar tiroid. Akibatnya dari 10 pasien yang diteliti, hanya 3 pasien yang targetnya tidak menyebar ke kelenjar tiroid, yaitu pasien HA, HD dan HF.

Setelah menganalisis distribusi dosis yang diterima target dan OAR pada masing-masing perencanaan, bisa disimpulkan bahwa perencanaan dengan MLC ketebalan 5 mm bisa memberikan distribusi dosis pada target yang lebih baik daripada dengan ketebalan 10 mm. Rata-rata dosis minimal yang diterima OAR juga lebih rendah dengan kedua ketebalan tersebut dibandingkan dengan ketebalan 10 mm. Hal ini dikarenakan MLC dengan ketebalan 5 mm bisa membentuk area penyinaran yang semakin akurat dan mendekati bentuk target. Akibatnya OAR pun bisa lebih terlindungi dengan baik.

Namun, ternyata rata-rata dosis maksimal dan dosis rata-rata yang diterima OAR dengan MLC ketebalan 5 mm ternyata lebih besar dibandingkan dengan ketebalan 10 mm. Hal ini disebabkan oleh prinsip dari perancangan IMRT sendiri yang seperti “tarik-menarik” antara dosis yang diterima target dan OAR. Apabila dosis yang diterima target meningkat, maka dosis yang diterima OAR juga akan meningkat. Pada akhirnya, semakin dekat jaringan dengan target,

maka kemungkinan besarnya dosis yang diterima juga akan meningkat, dan sebaliknya. Semakin jauh jaringan dengan target, maka kemungkinan besarnya dosis yang diterima juga akan menurun.

#### 4. Kesimpulan

Hasil analisis dari distribusi dosis pada target adalah MLC dengan ketebalan 5 mm mampu memberikan penambahan pada nilai CI dibandingkan dengan ketebalan 10 mm, yaitu 6,38% tanpa optimasi dan 1,44% dengan optimasi, serta pengurangan pada nilai HI, yaitu 1,62% tanpa optimasi dan 1,44% dengan optimasi.

Hasil analisis dari distribusi dosis pada OAR adalah MLC dengan ketebalan 5 mm mampu memberikan pengurangan pada rata-rata nilai dosis minimum dibandingkan dengan ketebalan 10 mm, yaitu 3,82% tanpa optimasi dan 4,74% dengan optimasi, namun dengan penambahan rata-rata dosis maksimum dan dosis rata-rata, yaitu 2,55% dan 1,36% tanpa optimasi dan 1,38% dan 0,24% dengan optimasi.

Ketebalan balok yang semakin tipis berpengaruh pada keakuratan posisi balok dalam membuat lapangan penyinaran yang semakin menyerupai target dan semakin menutup OAR, sehingga distribusi dosis pada target bisa menjadi lebih baik. Lokasi target dan OAR bisa memberikan dampak pada dosis yang diterima.

#### Referensi

- <sup>1</sup> H Sung, J Ferlay, RL Siegel, M Laversanne, I Soerjomataram, A Jemal, F Bray. "Global Cancer Statistics 2020: GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality Worldwide for 36 Cancers in 185 Countries", *CA Cancer J Clin.*, **71**(3):209-249, (2020). doi: 10.3322/caac.21660
- <sup>2</sup> Komite Penanggulangan Kanker Nasional. "Kanker Nasofaring", dalam *Pedoman Nasional Pelayanan Kedokteran*. Kementerian Kesehatan RI, (2017).
- <sup>3</sup> L Rahayu. "Verifikasi Dosis Radiasi Teknik Intensity Modulated Radiotherapy (IMRT) dengan Menggunakan 2d Array pada Kasus Kanker Sinonasal", Skripsi, Universitas Gadjah Mada, (2018).
- <sup>4</sup> F Adam F, SA Gondhowiardjo. "Verifikasi Geometri Radioterapi Teknik 3DCRT/IMRT pada Kasus Kanker Kepala dan Leher di Departemen Radioterapi RSCM", *Radioter Onkol Indones*, **5**(1):1-8, (2014).
- <sup>5</sup> Y Mustofa. "Verifikasi Penyinaran IMRT Menggunakan 2D Array Matrixx Evolution", Skripsi, Universitas Indonesia, (2011).
- <sup>6</sup> ICRU. *ICRU Report 50—Prescribing, Recording and Reporting Photon Beam Therapy*, International Commission on Radiation Units and Measurements, (1994).
- <sup>7</sup> S Hunou. "Pengaruh Jumlah Segmen Penyinaran terhadap Distribusi Dosis Radiasi pada Kanker Kepala dan Leher Menggunakan Teknik Intensity-Modulated Radiotherapy (IMRT)", Skripsi, Universitas Gadjah Mada. 2018.
- <sup>8</sup> JB Fiveash, H Murshed, J Duan, dkk. "Effect of Multileaf Collimator Leaf Width on Physical Dose Distributions in the Treatment of CNS and Head and Neck Neoplasms with Intensity Modulated Radiation Therapy", *Med Phys*, **29**(6):1116-1119, (2002). doi:10.1118/1.1481515
- <sup>9</sup> HD Kubo, RB Wilder, CTE Pappas. "Impact of Collimator Leaf Width on Stereotactic Radiosurgery and 3D Conformal Radiotherapy Treatment Plans", *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, **44**(4):937-945, (1999). doi:10.1016/S0360-3016(99)00041-3
- <sup>10</sup> JE Monk, JR Perks, D Doughty, PN Plowman. "Comparison of A Micro-Multileaf Collimator with A 5-Mm-Leaf-Width Collimator for Intracranial Stereotactic Radiotherapy", *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, **57**(5):1443-1449, (2003). doi:10.1016/S0360-3016(03)01579-7
- <sup>11</sup> ICRU. *International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU) Report No. 62 : Prescribing, Recording, and Reporting Photon Beam Therapy (Supplement to ICRU Report No. 50)*, International Commission on Radiation Units and Measurements, (1999).
- <sup>12</sup> K Ohtakara, S Hayashi, H Tanaka, H Hoshi. "Consideration of optimal isodose surface selection for target coverage in micro-multileaf collimator-based stereotactic radiotherapy for large cystic brain metastases: comparison of 90%, 80% and 70% isodose surface-based planning", *Br J Radiol*, **85**(1017):e640-e646, (2012). doi:10.1259/bjr/21015703
- <sup>13</sup> SH Benedict, KM Yenice, D Followill, dkk. "Stereotactic body radiation therapy: The report of AAPM Task Group 101", *Med Phys*, **37**(8):4078-4101, (2010). doi:https://doi.org/10.1118/1.3438081