

**OPTIMASI JUMLAH LAPANGAN RADIASI PADA  
PERENCANAAN IMRT**

**TESIS**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister**

**DESSY ARIANTY**

**0806420921**



**UNIVERSITAS INDONESIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
PROGRAM STUDI MAGISTER FISIKA  
PROGRAM KEKHUSUSAN FISIKA MEDIS DAN BIOFISIKA  
JAKARTA  
DESEMBER 2010**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Tesis ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.**

**Nama : Dessy Arianty**  
**NPM : 0806420921**  
**Tanda Tangan :**  
**Tanggal : 21 Desember 2010**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini Diajukan Oleh :  
Nama : Dessy Arianty  
NPM : 0806420921  
Program Studi : Fisika Medis dan Biofisika  
Judul Tesis : Optimasi Jumlah Lapangan Radiasi pada  
Perencanaan IMRT

**Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Fisika pada Program Studi Fisika Medis, Fakultas Matematika & Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.**

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Prof. Dr. Djarwani S. Soejoko ( ..... )  
Penguji : Dr. Mussadiq Musbach ( ..... )  
Penguji : Dr. Warsito ( ..... )  
Penguji : Dr. Fredy Haryanto ( ..... )

Ditetapkan di : Jakarta  
Tanggal : 21 Desember 2010

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, Puji syukur saya panjatkan kehadiran Allah SWT, karena atas berkat dan rahmatnya, saya dapat menyelesaikan tesis ini. Penulisan tesis ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Magister Fisika program studi Fisika Medis dan Biofisika pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan tesis ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan tesis ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada :

- (1) Prof. Dr. Djarwani S. Soejoko, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan tesis ini;
- (2) Kepala Departemen Radioterapi RS. Cipto Mangunkusumo Jakarta yang telah mengizinkan dan mendanai pendidikan S2 saya, serta membantu dalam usaha memperoleh data yang saya perlukan;
- (3) Suami tercinta Priyatmo Dwi Nugroho, anak-anak tercinta Muhammad Fatih dan Shofiyah Nazhifah, orang tua dan keluarga tercinta, yang telah memberikan dukungan moral dan material;
- (4) Rekan-rekan Fisika Departemen Radioterapi RSCM, Bu Sri, Pak Jumadi, Tete Yani, Mba Tuti, Wahyu, Vian dan Wamid, atas dukungan, bantuan dan pengertiannya
- (5) Bu Yulfiatri, Juni, Deinar, dan teman-teman kuliah yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan tesis ini.

Akhir kata, saya berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga tesis ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu, khususnya dalam bidang fisika medis.

Jakarta, 21 Desember 2010

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dessy Arianty  
NPM : 0806420921  
Program Studi : Fisika Medis dan Biofisika  
Departemen : Fisika  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Jenis Karya : Tesis

demikian demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Optimasi Jumlah Lapangan Radiasi pada Perencanaan IMRT

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta

Pada tanggal : 21 Desember 2010

Yang menyatakan

(Dessy Arianty)

## ABSTRAK

Nama : Dessy Arianty  
Program Studi : Magister Fisika Medis dan Biofisika  
Judul : Optimasi Jumlah Lapangan Radiasi pada Perencanaan  
IMRT

Tujuan dari teknik IMRT adalah untuk meningkatkan rasio terapi sehingga mengurangi dosis ke organ beresiko di sekitarnya. Kualitas perencanaan IMRT tergantung pada jumlah dan arah lapangan radiasi yang ditentukan di TPS dengan mengkompromikan waktu proses pembuatan di TPS, waktu penyinaran, dan distribusi dosis yang dihasilkan. Dalam penelitian ini jumlah lapangan perencanaan IMRT untuk kanker prostat, nasofaring, hipofise, dan tiroid ditentukan untuk mencapai optimasi. Perencanaan IMRT untuk pasien kanker prostat, nasofaring, hipofise dan tiroid dilakukan menggunakan TPS *PrecisePlan*. Tiga set jumlah lapangan dilakukan untuk setiap pasien dengan 3, 5, dan 7 lapangan untuk kanker prostat dan tiroid, serta 5, 7, dan 9 lapangan untuk kanker nasofaring dan hipofise. Berkas radiasi yang digunakan adalah foton 6 MV dan 10 MV. Dari DVH dianalisis *conformity index*, *homogeneity index*, dan dosis pada organ beresiko. Pada penelitian ini didapatkan bahwa nilai *conformity index* semakin baik dengan penambahan jumlah lapangan radiasi dalam semua kasus. Kecenderungan yang sama terjadi juga untuk *homogeneity index*. Untuk kanker prostat, tidak ada perbedaan yang signifikan dalam dosis di buli-buli antara ke-3 set jumlah lapangan. Di sisi lain dosis pada rektum dengan 90%, 75%, dan 50% relatif terhadap dosis preskripsi, volume persentase minimum selalu terjadi pada perencanaan dengan 5 lapangan dibandingkan jumlah lapangan lainnya. Untuk kanker nasofaring ditemukan bahwa dosis pada medullaspinalis semakin baik dengan meningkatnya jumlah lapangan. Tetapi tidak ada perbedaan yang signifikan antara dosis di medullaspinalis pada perencanaan dengan 7 dan 9 bidang. Dan didapatkan pula tidak adanya perbedaan yang signifikan dalam dosis pada batang otak dan kelenjar parotis. Untuk tumor hipofise, dosis di batang otak, mata dan lensa mata didapatkan hasil yang masih dalam batas toleransi pada perencanaan dengan 7 dan 9 lapangan. Untuk kanker tiroid ditemukan bahwa dosis terendah di medullaspinalis terjadi pada perencanaan dengan 5 lapangan. Jumlah lapangan radiasi yang optimal dalam perencanaan IMRT adalah 5 lapangan untuk kanker prostat dan tiroid, dan 7 lapangan untuk kanker nasofaring dan hipofise. Penelitian ini sebaiknya dilanjutkan untuk kasus kanker lainnya.

Kata-kata kunci: IMRT, Perencanaan IMRT, Jumlah Lapangan Radiasi, Optimasi

## ABSTRACT

Name : Dessy Arianty  
Study Program : Magister of Medical Physics and Biophysics  
Title : Optimizing Number of Field In Imrt Planning

The purpose of IMRT technique is to increase the therapeutic ratio therefore minimizing the dose to surrounding organs at risk. The plan quality depends on the number and direction of the radiation fields that are selected in compromise with TPS processing time, treatment time, and the resulting dose distribution. In this study the number of fields in IMRT plan for prostate, nasopharyngeal, pituitary, and thyroid cancer were determined in order to reach optimization. IMRT planning for prostate, nasopharyngeal, pituitary and thyroid cancer patients were created using PrecisePlan TPS. Three sets number of fields was performed for each patient with 3, 5 7 fields for prostate and thyroid and 5, 7, 9 fields for nasopharyngeal and pituitary. The treatments used 6 and 10 MV X-rays. From DVH values target dose conformity, homogeneity, and dose at organs at risk were analyzed. It was found that the conformity index was better with increasing the number of fields in all cases. The same trend happened for the homogeneity index. For prostate cancer, there was no significant difference in the dose to bladder among the 3 sets of fields. On the other hand the dose at rectum with 90%, 75%, and 50% was always occurred at minimum percentage volume for 5 fields relative to the other sets fields. For nasopharyngeal cancer it was found that the dose at spinal cord better with the increasing number of field. But there was no significant difference between the dose at spinal cord on the plan with 7 and 9 fields. And there was also no significant difference in the dose at brainstem and parotid gland. For pituitary tumor it was found that the dose at organ at risk in the limited tolerance for 7 and 9 fields. And for thyroid cancer it was found that the lowest dose at spinal cord happened in the plan with 5 fields. The optimal number of fields in IMRT planning was 5 fields for prostate and thyroid cancer, and 7 fields for nasopharyngeal and pituitary cancer. This work should be continued for other cases of cancer.

Key words : IMRT, IMRT Planning, Number of Fields, Optimizing

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH .....	v
ABSTRAK .....	vi
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xii
<b>1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Perumusan Masalah .....	2
1.3. Tujuan Penelitian .....	2
1.4. Manfaat Penelitian .....	2
1.5. Batasan Penelitian .....	3
1.6. Model Operasional Penelitian .....	3
<b>2. TEORI .....</b>	<b>4</b>
2.1. <i>Intensity Modulated Radiation Therapy (IMRT)</i> .....	4
2.1.1. Metode <i>Dynamic MLC (Sliding Window)</i> .....	4
2.1.2. Metode <i>Static MLC (Step and Shoot)</i> .....	5
2.2. Perencanaan Rdioterapi .....	5
2.2.1. <i>Treatment Planning System (TPS)</i> .....	6
2.2.2. Metode <i>Forward Planning</i> .....	7
2.2.3. Metode <i>Inverse Planning</i> .....	7
2.2.4. Optimisasi <i>Inverse Planning</i> .....	8
2.3. Evaluasi Hasil Perencanaan Radioterapi .....	9
<b>3. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>13</b>
3.1. Peralatan .....	13
3.2. Eksperimen .....	13
<b>4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>17</b>
4.1. Kanker Prostat .....	17
4.2. Kanker Nasofaring .....	28
4.3. Tumor Hipofise .....	37
4.4. Kanker Tiroid .....	42
<b>5. KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>47</b>
5.1. Kesimpulan .....	47
5.2. Saran .....	48
<b>DAFTAR REFERENSI .....</b>	<b>49</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Profil Intensitas Radiasi Metode <i>Dynamic</i> dan <i>Static</i> MLC .	5
Gambar 2.2.	Hasil Perencanaan pada Teknik 2D, 3DCRT, dan IMRT ...	6
Gambar 2.3.	Skema Diagram Alir Proses Iterasi dalam Optimisasi <i>Inverse Planning</i> .....	9
Gambar 2.4.	Contoh Kurva DVH ( <i>Dose Volume Histogram</i> ) .....	10
Gambar 2.5.	Kurva Hubungan antara Probabilitas Efek Radiasi pada Target Tumor dan Jaringan Sehat di Sekitarnya terhadap Dosis Radiasi yang Diberikan .....	12
Gambar 3.1.	Alur Proses pembuatan Perencanaan Teknik IMRT .....	13
Gambar 3.2.	Diagram Alir Proses Pembuatan Perencanaan IMRT pada TPS Precise Plan .....	14
Gambar 3.3.	Posisi Gantri pada Variasi Jumlah Lapangan Radiasi .....	15
Gambar 4.1.	Contoh Hasil Perencanaan IMRT Kanker Prostat TPS Precise Plan .....	17
Gambar 4.2.	<i>Dose Volume Histogram</i> (DVH) Hasil Perencanaan IMRT Kanker Prostat TPS Precise Plan .....	18
Gambar 4.3.	Grafik <i>Conformity Index</i> Perencanaan IMRT Kanker Prostat .....	19
Gambar 4.4.	Grafik <i>Homogeneity Index</i> Perencanaan IMRT Kanker Prostat .....	21
Gambar 4.5.	Grafik Volume Dosis 90% pada Buli-buli .....	23
Gambar 4.6.	Grafik Volume Dosis 75% pada Buli-buli .....	24
Gambar 4.7.	Grafik Volume Dosis 50% pada Buli-buli .....	24
Gambar 4.8.	Grafik Volume Dosis 90% pada Rektum .....	25
Gambar 4.9.	Grafik Volume Dosis 75% pada Rektum .....	26
Gambar 4.10.	Grafik Volume Dosis 50% pada Rektum .....	26
Gambar 4.11.	Contoh Hasil Perencanaan IMRT Kanker Nasofaring .....	28
Gambar 4.12.	<i>Dose Volume Histogram</i> (DVH) Hasil Perencanaan IMRT Kanker Nasofaring TPS Precise Plan .....	29
Gambar 4.13.	Grafik <i>Conformity Index</i> Perencanaan IMRT Kanker Nasofaring .....	30
Gambar 4.14.	Grafik <i>Homogeneity Index</i> Perencanaan IMRT Kanker Nasofaring .....	32
Gambar 4.15.	Grafik Dosis Maksimum pada Medullaspinalis .....	33
Gambar 4.16.	Grafik Dosis Maksimum pada Batang Otak .....	34
Gambar 4.17.	Grafik Dosis pada Parotis Kanan .....	35
Gambar 4.18.	Grafik Dosis pada Parotis Kiri .....	36
Gambar 4.19.	Hasil Perencanaan IMRT Tumor Hipofise .....	38
Gambar 4.20.	<i>Dose Volume Histogram</i> (DVH) Perencanaan IMRT Tumor Hipofise TPS Precise Plan .....	38
Gambar 4.21.	Grafik <i>Conformity Index</i> Perencanaan IMRT Tumor Hipofise .....	39
Gambar 4.22.	Grafik <i>Homogeneity Index</i> Perencanaan IMRT Tumor Hipofise .....	40

Gambar 4.23.	Grafik Dosis pada Batang Otak, Mata, dan Lensa Mata ..	41
Gambar 4.24.	Hasil Perencanaan IMRT kanker Tiroid .....	42
Gambar 4.25.	<i>Dose Volume Histogram</i> (DVH) Perencanaan IMRT Kanker Tiroid .....	43
Gambar 4.26.	Grafik <i>Conformity Index</i> Perencanaan IMRT Kanker Tiroid	44
Gambar 4.27.	Grafik <i>Homogeneity Index</i> Perencanaan IMRT Kanker Tiroid .....	44
Gambar 4.28.	Grafik Dosis di Medullaspinalis Perencanaan Kanker Tiroid .....	45



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Batasan Dosis Toleransi untuk Organ Beresiko di Sekitar Target	11
Tabel 3.1.	Sudut Gantri pada Perencanaan Pasien teknik IMRT .....	16
Tabel 4.1.	<i>Conformity Index</i> Perencanaan IMRT Kanker Prostat .....	19
Tabel 4.2.	Rasio Nilai <i>Conformity Index</i> Perencanaan IMRT Kanker Prostat .....	20
Tabel 4.3.	<i>Homogeneity Index</i> Perencanaan IMRT Kanker Prostat .....	21
Tabel 4.4.	Rasio Nilai <i>Homogeneity Index</i> Perencanaan IMRT Kanker Prostat .....	22
Tabel 4.5.	Volume Dosis pada Buli-buli .....	23
Tabel 4.6.	Volume Dosis pada Rektum .....	25
Tabel 4.7.	Jumlah Segmen, Total MU, Durasi Terapi, dan Waktu Pengerjaan TPS Perencanaan IMRT Kanker Prostat .....	27
Tabel 4.8.	<i>Conformity Index</i> Perencanaan IMRT Kanker Nasofaring .....	30
Tabel 4.9.	Rasio Nilai <i>Conformity Index</i> Perencanaan IMRT Kanker Nasofaring .....	31
Tabel 4.10.	<i>Homogeneity Index</i> Perencanaan IMRT Kanker Nasofaring .....	31
Tabel 4.11.	Rasio Nilai <i>Homogeneity Index</i> Perencanaan IMRT Kanker Nasofaring .....	32
Tabel 4.12.	Dosis Maksimum pada Medullaspinalis Kanker Nasofaring .....	33
Tabel 4.13.	Dosis Maksimum pada Batang Otak Kanker Nasofaring .....	34
Tabel 4.14.	Dosis Rata-rata pada Kelenjar Parotis Kanan .....	34
Tabel 4.15.	Dosis Rata-rata pada Kelenjar Parotis Kiri .....	35
Tabel 4.16.	Jumlah Segmen, Total MU, Durasi Terapi, dan Waktu Pengerjaan TPS Perencanaan IMRT Kanker Nasofaring .....	37
Tabel 4.17.	<i>Conformity Index</i> Perencanaan IMRT Tumor Hipofise .....	39
Tabel 4.18.	<i>Homogeneity Index</i> Perencanaan IMRT Tumor Hipofise .....	39
Tabel 4.19.	Dosis pada Batang Otak, Mata, dan Lensa Mata Tumor Hipofise	40
Tabel 4.20.	Jumlah Segmen, Total MU, Durasi Terapi, dan Waktu Pengerjaan TPS Perencanaan IMRT Tumor Hipofise .....	41
Tabel 4.21.	<i>Conformity Index</i> Perencanaan IMRT Kanker Tiroid .....	43
Tabel 4.22.	<i>Homogeneity Index</i> Perencanaan IMRT Kanker Tiroid .....	44
Tabel 4.23.	Dosis Maksimum pada Medullaspinalis Kanker Tiroid .....	45
Tabel 4.24.	Jumlah Segmen, Total MU, Durasi Terapi, dan Waktu Pengerjaan TPS Perencanaan IMRT Kanker Tiroid .....	46

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Contoh Hasil TPS Perencanaan IMRT Kanker Prostat
- Lampiran 2 Contoh Hasil TPS Perencanaan IMRT Kanker Nasofaring
- Lampiran 3 Contoh Hasil TPS Perencanaan IMRT Tumor Hipofise
- Lampiran 4 Contoh Hasil TPS Perencanaan IMRT Kanker Tiroid



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Radioterapi merupakan salah satu bidang pengobatan kanker dengan radiasi. Perkembangan radioterapi dimulai sejak beberapa tahun setelah ditemukannya sinar-X pada 8 November 1895. Pada pertengahan abad ke-20 energi terapi radiasi berkembang dari skala KeV ke MeV, pesawat linier akselerator mulai menjadi peralatan standar radioterapi. Teknologi pencitraan diagnostik dimanfaatkan dalam radioterapi terutama dengan berkembangnya tomografi. Perencanaan terapi radiasi mulai dikerjakan dengan komputer bahkan untuk perputaran gantri satu bidang (*coplanar*) dan tidak sebidang (*noncoplanar*). Blok dan kompensator mulai digunakan dan dosimetri radiasi semakin berkembang.[1] Dengan demikian teknologi radioterapi beralih dari teknik 2 dimensi ke teknik 3 dimensi.

Untuk meminimalisasi jaringan sehat di sekitar tumor terkena radiasi, dikembangkan teknik 3D *conformal* radioterapi (3DCRT). Dengan teknik ini lapangan radiasi dibentuk iregular sesuai bentuk tumor dengan pemanfaatan CT *scan* pada *Treatment Planning System* (TPS) sehingga bentuk tumor dapat ditentukan secara 3 dimensi. Perkembangan selanjutnya dari teknik 3D *conformal* adalah teknik IMRT (*Intensity Modulated Radiation Therapy*). Teknik IMRT menggunakan intensitas radiasi yang tidak seragam pada setiap arah lapangan radiasinya. Kelebihan teknik ini dapat diperolehnya dosis radiasi yang optimal pada tumor yang bentuknya kompleks dan seminimal mungkin pada jaringan sehat di sekitarnya, terutama organ beresiko yang letaknya sangat dekat dengan tumor. Dengan demikian tujuan radioterapi dapat tercapai.[2]

Perencanaan teknik IMRT memerlukan TPS khusus yang dapat melakukan algoritma *invers planning*. Kualitas perencanaan yang dihasilkan pada teknik IMRT tergantung pada jumlah dan arah lapangan radiasi yang digunakan dengan mempertimbangkan kondisi target tumor terhadap jumlah dan posisi organ

beresiko di sekitarnya. Namun banyaknya lapangan radiasi yang digunakan juga harus dikompromikan dengan waktu pengerjaan di TPS, lamanya terapi dan distribusi dosis yang dihasilkan. Untuk itu perlu ditentukan jumlah lapangan radiasi yang optimal untuk digunakan. Pada penelitian ini dilakukan studi pada sejumlah kasus perencanaan teknik IMRT dengan jumlah lapangan radiasi yang berbeda sehingga hasilnya dapat dijadikan acuan dalam pembuatan perencanaan teknik IMRT.

### 1.2. Perumusan Masalah

Permasalahan pada radioterapi eksternal dengan teknik IMRT adalah semakin banyak jumlah lapangan radiasi akan memperpanjang waktu pengerjaan di TPS dan lamanya penyinaran pada pesawat radiasi sehingga beban kerja pesawat radiasi juga semakin berat. Pada penelitian ini dievaluasi bagaimana pengaruh jumlah lapangan radiasi dalam perencanaan pasien dengan teknik IMRT terhadap distribusi dosis pada target tumor dan dosis pada organ beresiko di sekitar target. Dengan demikian dapat diketahui jumlah lapangan radiasi yang optimal, sehingga meminimalisasi waktu pengerjaan di TPS dan lamanya penyinaran serta beban kerja pesawat radiasi.

### 1.3. Tujuan dari penelitian adalah :

1. Melakukan perencanaan teknik IMRT pada beberapa kasus kanker menggunakan variasi jumlah lapangan radiasi.
2. Membandingkan hasil perencanaan teknik IMRT yang menggunakan jumlah lapangan radiasi yang berbeda untuk selanjutnya ditentukan jumlah lapangan radiasi yang paling optimal.

### 1.4. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini dapat memberikan acuan bagi pembuat perencanaan penyinaran radiasi dengan teknik IMRT untuk dapat menghasilkan perencanaan yang optimal.

### 1.5. Batasan Penelitian

Penelitian ini dibatasi hanya untuk perencanaan teknik IMRT pada kasus kanker prostat, nasofaring, hipofise dan tiroid menggunakan komputer TPS Precise Plan R.16. Berkas sinar-X yang digunakan adalah 6 dan 10 MV.

### 1.6. Model Operasional Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan membuat beberapa perencanaan IMRT untuk setiap pasien menggunakan variasi jumlah lapangan radiasi. Pertama-tama pasien yang telah dilengkapi alat immobilisasi diambil data citra CT *scan* pada CT *simulator*. Data citra CT *scan* pasien kemudian ditransfer ke *virtual simulator* untuk digambar target tumor dan organ beresiko disekitarnya oleh dokter spesialis onkologi radiasi. Selanjutnya dari *virtual simulator* data citra CT *scan* pasien di transfer ke TPS untuk dibuat perencanaan. Hasil perencanaan untuk masing-masing pasien kemudian dibandingkan satu dengan lainnya melalui kurva DVH (*Dose Volume Histogram*). Dari hasil perbandingan tersebut kemudian ditentukan jumlah lapangan radiasi yang paling optimal untuk masing-masing kasus kanker.

## BAB 2

### TEORI

#### 2.1. *Intensity Modulated Radiation Therapy (IMRT)*

IMRT merupakan singkatan dari *Intensity Modulated Radiation Therapy*. IMRT adalah teknik modern dalam radioterapi yang menggunakan banyak lapangan radiasi dalam penyinarannya dengan intensitas yang tidak seragam pada setiap arah lapangan radiasi untuk mendapatkan distribusi dosis yang optimum. Perubahan intensitas radiasi pada pesawat linier akselerator dimodifikasi dengan membuat beberapa segmen pada tiap-tiap lapangan radiasi yang dibentuk oleh MLC (*Multi Leaf Collimator*) berdasarkan bentuk target tumor dan batasan dosis organ beresiko di sekitar tumor.

Pada teknik IMRT, MLC berperan mengkolimasi dan mengatenuasi radiasi yang keluar dari pesawat linier akselerator sesuai distribusi dosis yang diharapkan. Sedangkan pada teknik 3DCRT, MLC hanya berperan mengkolimasi radiasi yang keluar sesuai bentuk target tumor, dan untuk kebutuhan homogenitas distribusi dosis yang dihasilkan masih diperlukan penambahan filter *wedge* atau kompensator untuk mengatenuasi radiasi pada daerah yang diperlukan. [3]

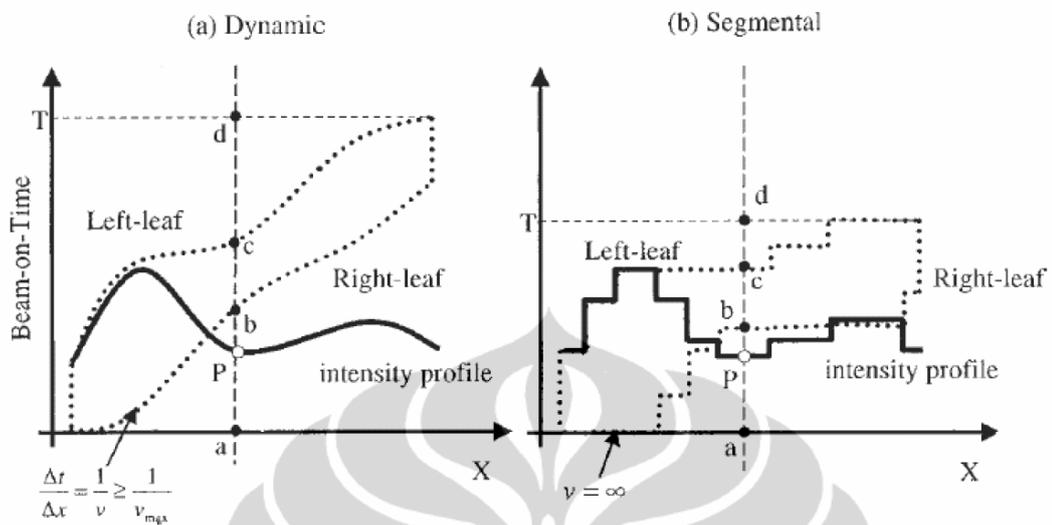
Untuk dapat mengimplementasikan teknik IMRT dibutuhkan komputer TPS yang dapat melakukan perhitungan untuk beberapa lapangan radiasi yang tidak seragam intensitasnya dari masing-masing arah penyinaran secara *invers* dan pesawat radiasi yang dapat memberikan radiasi dengan intensitas yang tidak seragam sesuai dengan apa yang direncanakan komputer TPS. [3]

Pergerakan MLC pada teknik IMRT ada dua macam, yaitu *dynamic MLC (sliding window)* dan *static MLC (step and shoot)*.

##### 2.1.1. Metode *Dynamic MLC (Sliding Window)*

Metode *dynamic MLC* disebut juga metode *sliding window*. Pada metode ini MLC bergerak kontinu selama radiasi berlangsung pada setiap arah sudut gantri. Metode *dynamic MLC* menghasilkan profil intensitas radiasi yang lebih halus dan waktu penyinaran radiasi yang lebih singkat dibandingkan metode *static MLC*.

Perbedaan profil intensitas radiasi kedua metode ini dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Profil Intensitas Radiasi Metode *Dynamic* (a) dan *Static MLC* (b) [4]

### 2.1.2. Metode *Static MLC* (*Step and Shoot*)

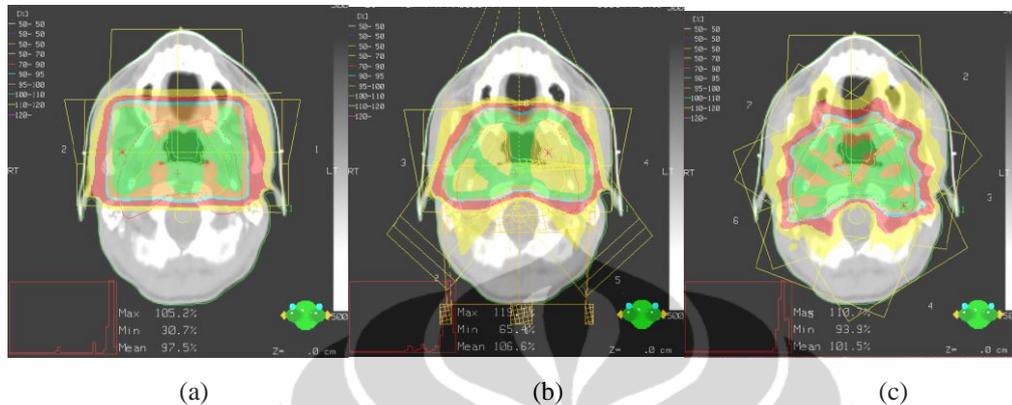
Metode *static MLC* disebut juga metode *Step and Shoot*. Pada metode ini MLC bergerak membentuk segmen ketika radiasi berhenti dan MLC berhenti selama radiasi berlangsung, begitu seterusnya untuk masing-masing sudut gantri. Kelebihan metode *static MLC* adalah dosimetri yang lebih sederhana dan jumlah *monitor unit* yang digunakan pada pesawat linier akselerator lebih sedikit.

## 2.2. Perencanaan Radioterapi

Perencanaan radioterapi dilakukan menggunakan komputer *Treatment Planning System* (TPS) sebelum radiasi diberikan ke pasien untuk mengetahui distribusi dosis yang akan diterima oleh pasien. Pada TPS ditentukan energi radiasi, jumlah lapangan radiasi, arah penyinaran, luas lapangan yang digunakan beserta bentuknya, asesoris yang digunakan, dan hasil perhitungan MU (*monitor unit*) penyinaran. Perencanaan radioterapi bersifat individual untuk masing-masing pasien yang akan diterapi dengan radiasi.

Dengan penemuan tomografi seperti *CT scan* dan *MRI*, teknologi perencanaan radioterapi berkembang dari teknik 2 dimensi ke arah teknik 3 dimensi. Dengan didukung pula perkembangan komputer TPS dan pesawat

penyinaran radiasi, pada teknik 3 dimensi kemudian berkembang teknik IMRT. Perbedaan hasil perencanaan untuk teknik 2 dimensi, teknik *conformal* 3 dimensi, dan teknik IMRT ditampilkan dalam Gambar 2.2.



**Gambar 2.2. Hasil Perencanaan pada Teknik (a) 2D, (b) 3DCRT, dan (c) IMRT [5]**

Proses pembuatan perencanaan radioterapi terdiri dari beberapa tahapan. Sebelum dilakukan perencanaan, terlebih dahulu diambil data citra CT *scan* pasien yang dilengkapi alat immobilisasi untuk memastikan posisi pasien akan selalu sama pada setiap hari penyinaran. Selanjutnya pada citra CT *scan* pasien digambar target tumor dan organ beresiko di sekitarnya oleh dokter spesialis onkologi radiasi. Penggambaran target tumor dan organ beresiko di sekitarnya tergantung pada jenis dan stadium masing-masing kasus kanker. Ketepatan penggambaran target tumor akan menentukan keberhasilan terapi pasien. Setelah lengkap data target, organ beresiko, dan jumlah dosis yang akan diberikan, kemudian dilakukan proses perencanaan pada TPS.

### 2.2.1. Treatment Planning System (TPS)

TPS merupakan komputer yang digunakan untuk mensimulasikan distribusi dosis yang akan diterima pasien. Komputer pertama yang digunakan untuk perencanaan radioterapi hanya dapat mengkalkulasi distribusi dosis untuk 1 lapangan radiasi secara 2 dimensi. Selanjutnya TPS berkembang dengan sistem perhitungan yang dapat mengkalkulasi perencanaan untuk multi lapangan. TPS terus berkembang teknologinya sehingga proses perhitungan dapat semakin cepat dan lebih akurat. Pada tahun 1960-an mulai dikembangkan TPS yang dapat menghitung optimisasi otomatis, inilah awal ditemukannya *inverse planning*.

Universitas Indonesia

Kemudian pada tahun 1970-an perkembangan teknologi pada bidang radiodiagnostik berhasil menemukan CT *scan* yang selanjutnya dimanfaatkan dalam perencanaan radioterapi dengan teknik 3 dimensi.[6]

Algoritma TPS yang digunakan pada perencanaan radioterapi ada 3 jenis, yaitu *pencil beam*, *convolution/superposition*, dan *Monte Carlo*. TPS Precise Plan di Rumah Sakit Cipto Mangunkusumo Jakarta menggunakan metode algoritma *pencil beam* yang perhitungan dosisnya berdasarkan persamaan matematika :

$$D(x, y, z) = \iiint \phi(x', y', z') K(x - x', y - y', z - z') \quad [6]$$

dengan  $\phi$  sebanding dengan *fluence* muatan radiasi primer dan  $K$  adalah *kernel* yang sebanding dengan fraksi radiasi hambur.

Pada kalkulasi dosis radiasi, ada 2 metode penentuan intensitas radiasi yang diberikan pada masing-masing arah penyinaran, yaitu metode *forward planning* dan *inverse planning*.

### 2.2.2. Metode *Forward Planning*

Pada perkembangan awal perencanaan terapi radiasi menggunakan metode *forward planning*. Pada metode ini intensitas radiasi setiap arah gantri homogen dan kekuatannya ditentukan secara manual oleh pembuat perencanaan sampai dihasilkan distribusi dosis yang diinginkan.

### 2.2.3. Metode *Inverse Planning*

Metode *inverse planning* digunakan pada perencanaan teknik IMRT. Metode ini dilakukan dengan menentukan jumlah dan arah lapangan penyinaran yang terdiri dari beberapa segmen. Selanjutnya dimasukan parameter batasan dosis pada target tumor dan organ beresiko di sekitarnya yang ditentukan oleh dokter spesialis onkologi radiasi pada bagian optimisasi di komputer TPS. Optimisasi adalah proses untuk menentukan intensitas radiasi dari masing-masing segmen untuk semua arah penyinaran radiasi yang sesuai dengan yang tujuan ditentukan di awal. Proses optimisasi dilakukan dengan melakukan beberapa kali iterasi. Jika diperlukan, dilakukan penambahan segmen pada setiap arah lapangan radiasi dan dilakukan optimisasi ulang sampai tujuan dosis tercapai. Hasil akhir

dari proses optimisasi ini dihasilkannya intensitas yang tidak homogen pada masing-masing arah penyinaran sesuai dengan distribusi dosis yang ingin dicapai pada volume target dan organ kritis di sekitarnya.

#### 2.2.4. Optimisasi *Inverse Planning*

Proses optimisasi merupakan proses pencapaian distribusi dosis yang diharapkan pada terapi dengan radiasi. Optimisasi pada *forward planning* dilakukan dengan penggunaan blok, MLC, *wedge*, *tissue compensator* ataupun pembebanan pada masing-masing lapangan radiasi. Pada teknik IMRT perencanaan dilakukan secara *inverse* untuk menentukan intensitas masing-masing segmen pada setiap lapangan radiasi.

Untuk melakukan optimisasi secara *inverse* perlu dimasukkan data dosis preskripsi untuk target tumor dan dosis toleransi organ beresiko di sekitar tumor pada tabel optimisasi. Parameter yang dimasukkan berkaitan dengan dosis yang ingin dicapai dalam kurva DVH, seperti dosis minimum beserta volumenya, dosis maksimum beserta volumenya dan dosis rata-ratanya.

Proses optimisasi dilakukan dengan melakukan proses iterasi berdasarkan fungsi objektif. Berikut ini adalah formulasi untuk fungsi objektif dengan satu target :

$$F_{obj} = \frac{1}{N} \left[ \sum_j (D_j - C_p)^2 + \sum_k w_k \sum_j \theta(D_j - C_k) \right] \times (E) \quad [7]$$

dimana :  $C_p$  adalah dosis preskripsi pada target

$C_k$  adalah batasan dosis pada target ke-k

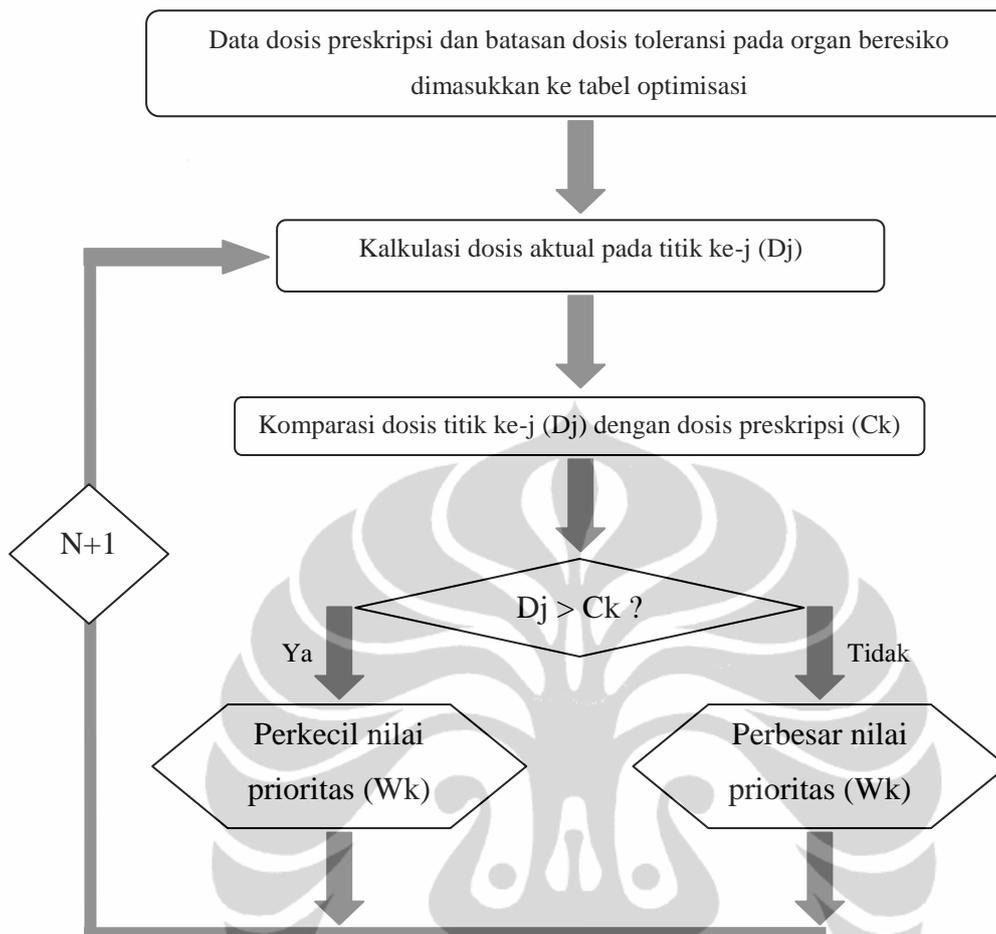
$w_k$  adalah prioritas untuk batasan dosis target ke-k

$D_j$  adalah dosis aktual pada titik ke-j di dalam target

$N$  adalah jumlah titik target

$$= \begin{cases} 1 & \text{jika } D_j - C_k < 0 \text{ dan } C_k \text{ adalah batas minimum dosis} \\ & \text{atau } D_j - C_k > 0 \text{ dan } C_k \text{ adalah batas maksimum dosis} \\ 0 & \text{untuk yang lainnya} \end{cases}$$

Gambar 2.3 memperlihatkan skema diagram alir proses iterasi dalam optimisasi *inverse planning* berdasarkan fungsi objektif di atas.



Gambar 2.3. Skema Diagram Alir Proses Iterasi dalam Optimisasi *Inverse Planning*

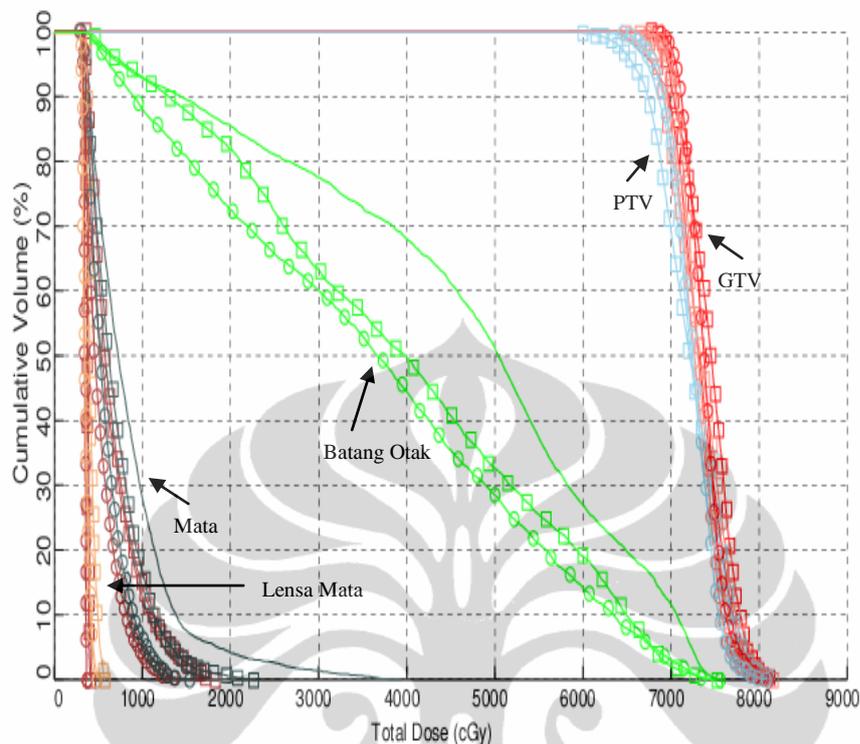
### 2.3. Evaluasi Hasil Perencanaan Radioterapi

Evaluasi hasil perencanaan radioterapi dilakukan terhadap kurva *dose volume histogram* (DVH). Contoh kurva DVH hasil perencanaan radioterapi dapat dilihat pada Gambar 2.4. Parameter yang dievaluasi terdiri dari 3 aspek, yaitu kesesuaian distribusi dosis dengan bentuk target, homogenitas dosis dalam volume target dan dosis pada organ beresiko di dekat target.

Kesesuaian distribusi dosis dengan target tumor ditentukan oleh nilai *conformity index* (CI). Dalam ICRU report 62, *conformity index* didefinisikan sebagai tingkat kesesuaian dosis preskripsi melingkupi target tumor dan diformulasikan sebagai :

[8]

Nilai ideal *conformity index* adalah 1, yang berarti bahwa kurva isodosis untuk dosis preskripsi tepat sesuai melingkupi PTV.



**Gambar 2.4. Contoh Kurva DVH (Dose Volume Histogram) Hasil Perencanaan Radioterapi TPS Precise Plan.** Target diilustrasikan oleh kurva GTV (*Gross Tumor Volume*) yang berwarna merah dan PTV (*Planning Target Volume*) berwarna biru muda. Organ beresiko dalam kasus ini adalah batang otak berwarna hijau, mata berwarna hitam, dan lensa mata berwarna coklat.

Sedangkan homogenitas dosis dalam volume target ditentukan oleh nilai *homogeneity index* (HI) yang didefinisikan sebagai keseragaman distribusi dosis dalam volume target. *Homogeneity index* dipengaruhi oleh dosis minimum, dosis maksimum, dan dosis rata-rata pada target. Dalam ICRU report 83 tentang IMRT, dosis maksimum digantikan oleh dosis pada 2% volume target, dosis minimum digantikan oleh dosis pada 98% volume target, dan dosis rata-rata digantikan oleh dosis pada 50% volume target. Formulasi *homogeneity index* adalah sebagai berikut :

[9]

dimana  $D_{2\%}$  adalah besaran dosis yang melingkupi 2% volume PTV,  
 $D_{98\%}$  adalah besaran dosis yang melingkupi 98% volume PTV, dan  
 $D_{50\%}$  adalah besaran dosis yang melingkupi 50% volume PTV.

Nilai ideal untuk *homogeneity index* adalah 0 yang berarti bahwa seluruh dosis pada PTV homogen. Nilai yang diharapkan dalam kriteria ICRU adalah target tumor 98% volumenya dilingkupi dosis 95% dari dosis yang direncanakan dan 2% volumenya pada dosis 107%, dengan dosis 50% volumenya sebesar 50% dosis, maka nilai *homogeneity index*nya :

$$HI = \frac{107\% - 95\%}{50\%}$$

$$= 0,240$$

Jika  $D_{maks} < 107\%$  dan  $D_{98\%} > 95\%$ , maka nilai HI semakin mendekati 0. Untuk nilai yang masih dapat diterima dalam kriteria ICRU adalah 0 – 0,3.

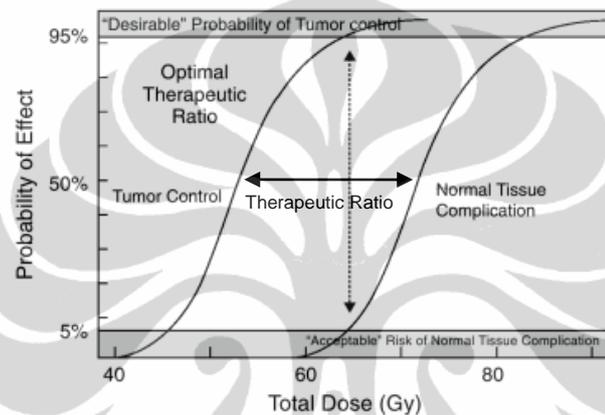
Nilai *conformity* dan *homogeneity index* yang mendekati nilai ideal akan membuat bentuk kurva DVH target semakin tajam dan garis vertikal pada kurva target semakin berkurang divergensinya.

Untuk mengevaluasi dosis pada organ beresiko di sekitar target harus ditentukan organ mana yang berpotensi terkena radiasi dan memiliki efek resiko terhadap radiasi.[9] Pada kanker prostat organ beresiko yang dievaluasi adalah buli-buli dan rektum. Pada kanker nasofaring organ beresiko yang dievaluasi adalah medullaspinalis, batang otak, dan kelenjar parotis. Pada tumor hipofise organ beresiko yang dievaluasi adalah batang otak, mata, dan lensa mata. Sedangkan pada kanker tiroid organ beresiko yang dievaluasi adalah medullaspinalis. Adapun batasan dosis toleransi untuk masing-masing organ beresiko dapat dilihat pada Tabel 2.1.

**Tabel 2.1. Batasan Dosis Toleransi untuk Organ Beresiko di Sekitar Target [9,10]**

Organ Beresiko	Batasan Dosis
Buli-buli	15% volume < 8000 cGy 25% volume < 7500 cGy 35% volume < 7000 cGy 50% volume < 6500 cGy
Rektum	15% volume < 7500 cGy 25% volume < 7000 cGy 35% volume < 6500 cGy 50% volume < 6000 cGy
Medullaspinalis	$D_{max} < 4500$ cGy atau 1 cc < 5000 cGy
Batang Otak	$D_{max} < 5400$ cGy atau 1% volume < 6000 cGy
Kelenjar Parotis	50% volume < 3000 cGy
Mata	$D_{maks} < 3500$ cGy
Lensa Mata	$D_{maks} < 600$ cGy

Jika nilai *conformity* dan *homogeneity index* didapatkan mendekati nilai idealnya, maka kurva target pada DVH semakin bergeser ke kanan. Sedangkan semakin minimal organ beresiko menerima dosis, maka kurvanya pada DVH akan semakin bergeser ke kiri. Hal ini akan mengakibatkan meningkatnya nilai rasio terapi yang disebabkan semakin terpisahnya kurva efek radiasi untuk target dan organ beresiko di sekitar target. Gambar 2.5 memperlihatkan kurva hubungan antara probabilitas efek radiasi pada target tumor dan jaringan sehat di sekitarnya terhadap dosis radiasi yang diberikan.



**Gambar 2.5. Kurva Hubungan antara Probabilitas Efek Radiasi pada Target Tumor dan Jaringan Sehat di Sekitarnya terhadap Dosis Radiasi yang Diberikan. [10]**

Rasio terapi didefinisikan sebagai perbandingan nilai dosis yang memberikan efek kerusakan pada jaringan sehat di sekitar target tumor dengan nilai dosis yang memberikan efek kematian pada tumor.[11] Nilai rasio terapi akan semakin besar jika kurva efek radiasi pada target tumor dengan jaringan sehat di sekitarnya semakin terpisah jauh. Inilah tujuan yang ingin dicapai dalam radioterapi, yaitu memberikan dosis yang optimal pada target tumor dan seminimal mungkin pada jaringan sehat di sekitarnya.

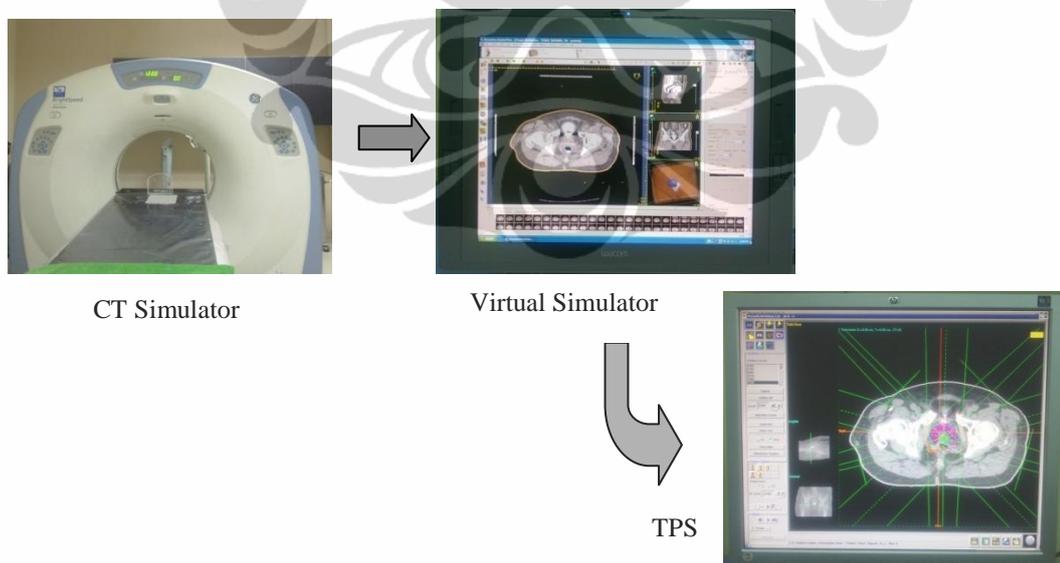
## BAB 3 METODE PENELITIAN

### 3.1. Peralatan

Penelitian ini dilakukan di Departemen Radioterapi RSUPN Cipto Mangunkusumo Jakarta. Perencanaan IMRT dibuat menggunakan komputer *Treatment Planning System (TPS)* Precise Plan R.16. Citra pasien yang digunakan dalam perencanaan diperoleh dari *CT simulator GE Bright Speed*. Penentuan target tumor dan organ beresiko dilakukan pada *virtual simulator Oncentra MasterPlan*. Perlakuan terapi menggunakan berkas sinar-X 6 MV dan 10 MV.

### 3.2. Eksperimen

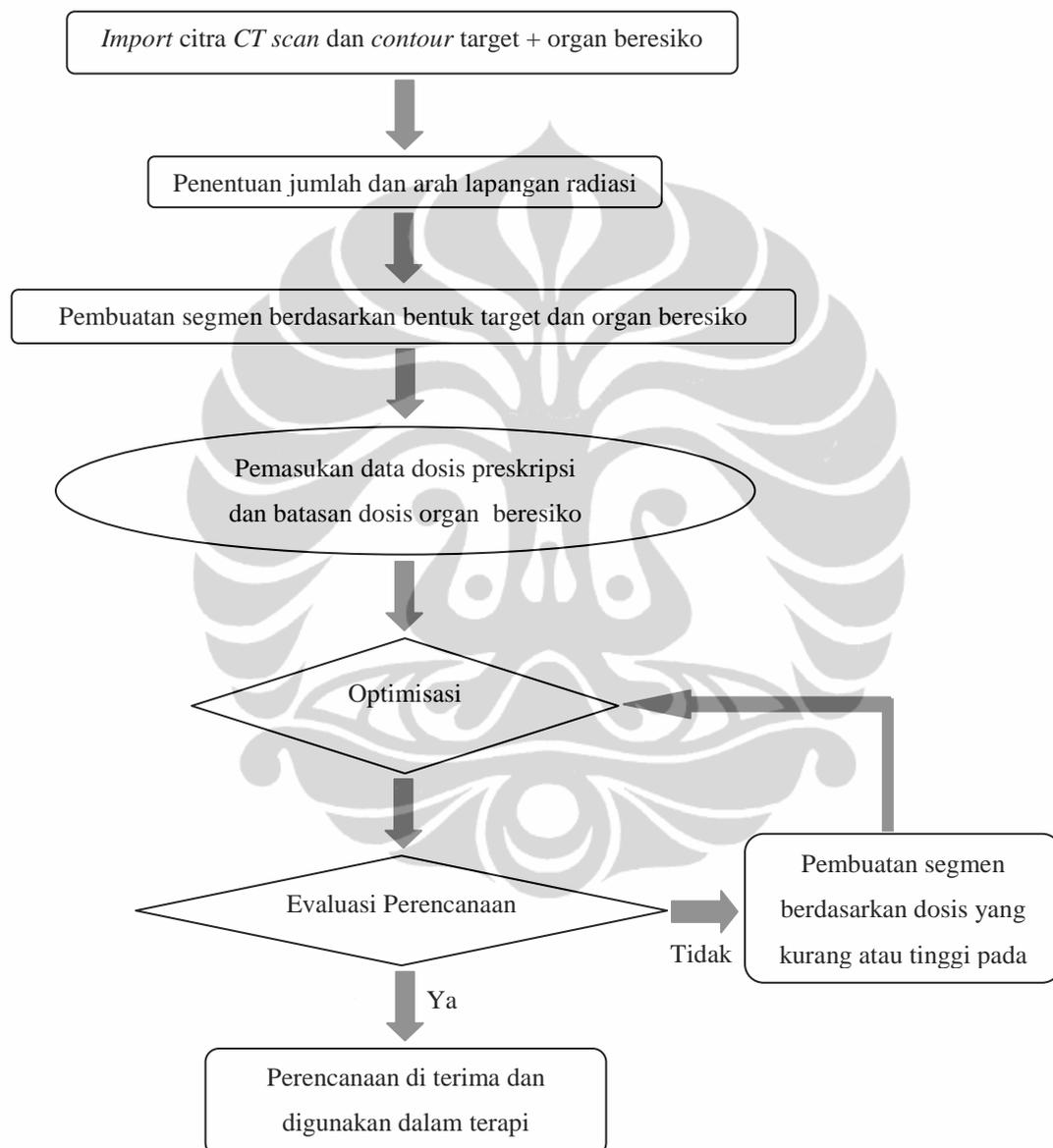
Proses perencanaan teknik IMRT dengan TPS Precise Plan dilakukan dengan metode *inverse planning*. Untuk setiap pasien beberapa kasus kanker teknik IMRT direncanakan dengan jumlah berkas dan lapangan radiasi yang bervariasi. Alur proses pembuatan perencanaan dari pengambilan citra dengan *CT simulator* sampai perencanaan dengan TPS dapat dilihat pada Gambar 3.1.



**Gambar 3.1. Alur Proses Pembuatan Perencanaan Teknik IMRT**

Pertama-tama pasien yang telah dilengkapi alat immobilisasi diambil citranya dengan *CT simulator*. Alat immobilisasi berfungsi untuk membuat posisi pasien tetap sama pada saat terapi radiasi setiap harinya seperti saat perencanaan.

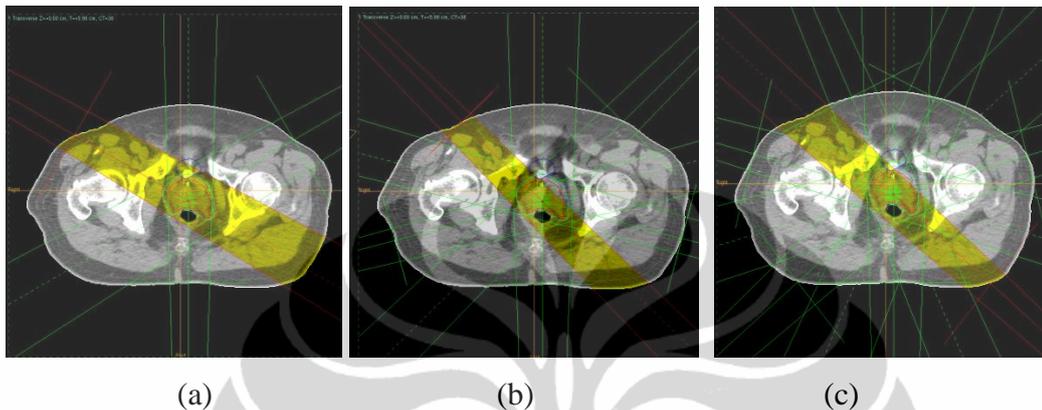
Data citra CT *scan* pasien kemudian ditransfer ke *virtual simulator* untuk digambar target tumor dan organ beresiko disekitarnya oleh dokter spesialis onkologi radiasi. Selanjutnya dari *virtual simulator* data pasien ditransfer ke TPS untuk dibuat perencanaan. Berikut ini adalah diagram alir proses pembuatan perencanaan IMRT pada TPS Precise Plan.



**Gambar 3.2. Diagram Alir Proses Pembuatan Perencanaan IMRT pada TPS Precise Plan**

Kasus kanker yang diobservasi dalam penelitian ini adalah kanker prostat, kanker nasofaring, tumor hipofise, dan kanker tiroid. Untuk kanker prostat digunakan sinar-X 10 MV, sedangkan untuk kanker nasofaring, tumor hipofise, dan kanker tiroid dengan sinar-X 6 MV.

Jumlah sampel dalam perencanaan kanker prostat 5 orang pasien dan setiap pasien direncanakan memperoleh perlakuan dengan 3, 5 dan 7 lapangan dengan posisi gantri yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 3.2. Dosis preskripsi diberikan bervariasi antara 6600 cGy – 7200 cGy pada PTV dan 7200 cGy – 8000 cGy pada GTV yang tergantung pada kasus masing-masing pasien.



**Gambar 3.3. Posisi Gantri pada Variasi Jumlah Lapangan Radiasi**  
(a) 3 Lapangan (b) 5 Lapangan dan (c) 7 Lapangan

Untuk kanker nasofaring dilakukan perencanaan terhadap 5 pasien dengan jumlah lapangan radiasi 5, 7 dan 9. Diantara ke-5 pasien kanker nasofaring, terdapat 2 pasien dengan bentuk target tumor yang melengkung (*concave*) di sekitar medullaspinalis, dan selebihnya target tumor belum berubah bentuk dari organ normal. Dosis preskripsi pada PTV dan GTV berturut-turut adalah 6000 cGy dan 6600 cGy.

Perencanaan tumor hipofise hanya dilakukan pada 1 pasien dengan jumlah lapangan radiasi 5, 7 dan 9. Dosis preskripsi yang diberikan adalah 6650 cGy pada PTV dan 7000 cGy pada GTV.

Seperti pada tumor hipofise, perencanaan terapi kanker tiroid dilakukan hanya pada 1 pasien dengan jumlah lapangan radiasi 3, 5 dan 7, dan dosis preskripsi yang diberikan adalah 6000 cGy pada PTV dan 7000 cGy pada GTV.

Sudut gantri yang digunakan pada semua perencanaan pasien IMRT dapat dilihat pada Tabel 3.1.

**Tabel 3.1. Sudut Gantri pada Perencanaan Terapi Teknik IMRT untuk Berbagai Kasus**

Kasus	Jumlah Lapangan	Sudut Gantri
Kanker Prostat	3	60°, 180°, 300°
	5	45°, 105°, 180°, 255°, 315°
	7	25°, 75°, 130°, 180°, 230°, 285°, 335°
Kanker Nasofaring	5	0°, 72°, 144°, 216°, 286°.
	7	0°, 51,4°, 102,9°, 154,3°, 205,7°, 257,1°, 308,6°
	9	0°, 40°, 80°, 120°, 160°, 200°, 240°, 280°, 320°
Kanker Nasofaring (Concave)	5	90°, 135°, 180°, 225°, 270°
	7	90°, 120°, 150°, 180°, 210°, 240°, 270°
	9	90°, 112,5°, 135°, 157,5°, 180°, 202,5°, 225°, 247,5°, 270°
Tumor Hipofise	5	0°, 72°, 144°, 216°, 286°.
	7	0°, 51,4°, 102,9°, 154,3°, 205,7°, 257,1°, 308,6°
	9	0°, 40°, 80°, 120°, 160°, 200°, 240°, 280°, 320°
Kanker Tiroid	3	0°, 70°, 290°
	5	0°, 60°, 85°, 275°, 300°
	7	0°, 50°, 70°, 90°, 270°, 290°, 320°

Hasil ketiga perencanaan TPS untuk masing-masing pasien kemudian dibandingkan satu dengan yang lainnya melalui parameter DVH (*Dose Volume Histogram*). Analisa perbandingan berdasarkan 3 parameter, yaitu *conformity index* (CI), *homogeneity index* (HI) dan dosis pada organ beresiko di sekitar target. Dari hasil perbandingan tersebut kemudian ditentukan jumlah lapangan radiasi yang optimal untuk masing-masing kasus kanker.

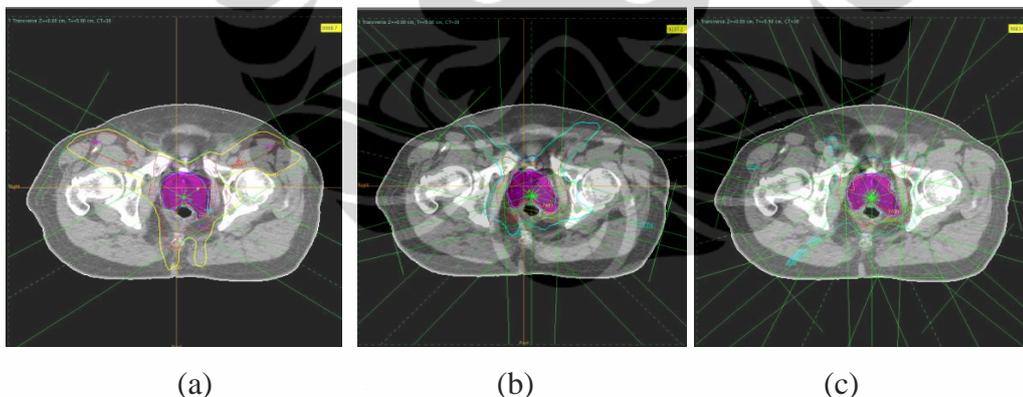
## Bab 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Keberhasilan radioterapi dengan teknik IMRT tergantung pada faktor *conformity* dan *homogeneity* distribusi dosis pada PTV (*Planning Target Volume*) serta dosis pada organ beresiko di dekat target. Mengingat secara anatomi pada setiap kasus kanker berbeda bentuk dan ukuran tumor serta organ beresiko di sekitarnya, maka perlu dilakukan evaluasi terhadap hasil perencanaan radioterapi. Dalam penelitian ini telah dilakukan evaluasi perencanaan IMRT untuk kasus kanker prostat, nasofaring, hipofise dan tiroid.

#### 4.1. Kanker Prostat

Telah dilakukan perencanaan radioterapi dengan teknik IMRT untuk kanker prostat terhadap 5 pasien dengan jumlah lapangan radiasi 3, 5 dan 7. Sebagai contoh salah satu hasil perencanaan pasien yang diambil pada irisan yang sama dapat dilihat pada Gambar 4.1. Warna ungu menunjukkan kurva isodosis dosis preskripsi.



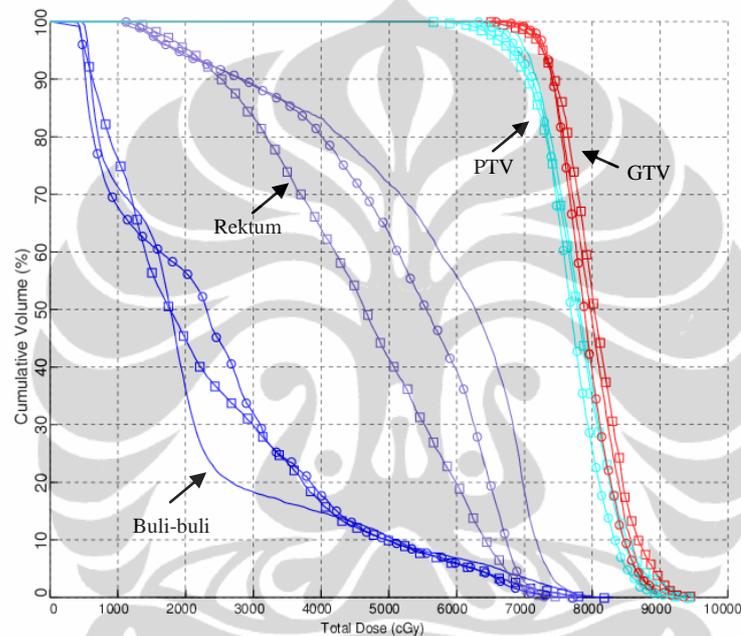
**Gambar 4.1. Contoh Hasil Perencanaan IMRT Kanker Prostat TPS Precise Plan**  
(a) 3 Lapangan (b) 5 Lapangan dan (c) 7 Lapangan

Meskipun dalam Gambar 4.1 bentuk target tidak terlalu jelas, namun pada tayangan monitor TPS tampak jelas bahwa perencanaan dengan 3 lapangan bentuk kurva isodosisnya belum *conform* dengan bentuk target, tampak lebih *conform* dalam perencanaan dengan 5 lapangan dan sangat *conform* dalam

perencanaan dengan 7 lapangan. Temuan ini menunjukkan bahwa perencanaan dengan 5 lapangan mulai *conform*.

Dalam kasus kanker prostat pada umumnya organ beresiko yang diperhitungkan adalah buli – buli dan rektum. Kedua organ tersebut dalam perencanaan IMRT dapat lebih diproteksi yang pada perencanaan 3D *conformal* tidak dimungkinkan.

Keberhasilan perencanaan 3 dimensi dapat dievaluasi melalui kurva DVH. Gambar 4.2 menunjukkan kurva DVH pasien dalam contoh di atas.



**Gambar 4.2. Dose Volume Histogram (DVH) Hasil Perencanaan IMRT Kanker Prostat TPS Precise Plan. (—) 3 Lapangan, (---□---) 5 Lapangan dan (---○---) 7 Lapangan**

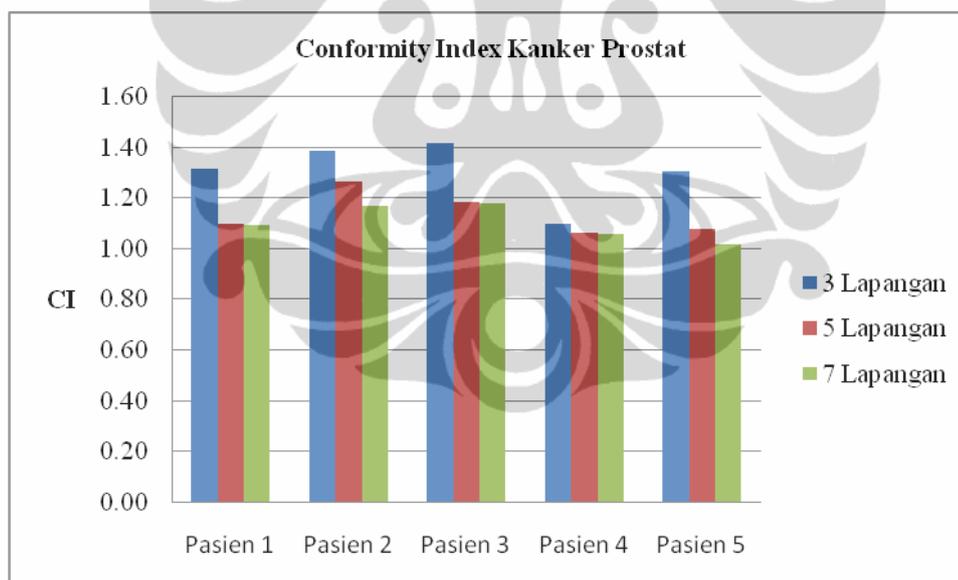
Berdasarkan Gambar 4.2 kurva DVH perencanaan IMRT dapat dievaluasi dengan memperhatikan parameter *conformity index*, *homogeneity index* dan dosis pada organ beresiko.

Nilai *conformity index* yang dinyatakan dengan  $CI = \frac{V_{95\%}}{V_{100\%}}$ , nilai idealnya adalah 1 yang berarti bentuk kurva isodosis untuk dosis preskripsi berhimpit dengan batas target tumor.[8] Nilai *conformity index* untuk semua pasien yang diamati dapat dilihat pada Tabel 4.1.

**Tabel 4.1. Conformity Index Perencanaan IMRT Kanker Prostat**

Pasien	Jumlah Lapangan	$V_{PTV}$ (cc)	$V_{95\%PTV}$ (cc)	$V_{95\%N}$ (cc)	$V_{95\%}$ (cc)	CI
1	3	143.30	142.30	45.99	188.29	1.31
	5	143.30	140.00	17.07	157.07	1.10
	7	143.30	140.65	16.00	156.65	1.09
2	3	296.50	293.67	117.80	411.47	1.39
	5	296.50	294.02	80.84	374.86	1.26
	7	296.50	296.67	50.49	347.15	1.17
3	3	136.60	134.09	59.65	193.74	1.42
	5	136.60	129.93	31.70	161.64	1.18
	7	136.60	130.14	30.98	161.12	1.18
4	3	57.10	54.68	7.91	62.59	1.10
	5	57.10	54.27	6.47	60.74	1.06
	7	57.10	55.52	4.92	60.44	1.06
5	3	222.80	216.79	73.96	290.75	1.30
	5	222.80	213.20	26.68	239.87	1.08
	7	222.80	210.54	16.53	227.07	1.02

Untuk lebih jelasnya Tabel 4.1 diilustrasikan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.3.

**Gambar 4.3. Grafik Conformity Index Perencanaan IMRT Kanker Prostat**

Dari Gambar 4.3 dapat dilihat bahwa untuk ke-5 pasien, nilai *conformity index* hasil perencanaan dengan 3 lapangan selalu tertinggi, untuk 5 lapangan nilai yang mendekati 1 adalah pasien ke-1, 4, dan 5. Sedangkan pasien ke-2 dan 3 diperoleh nilai yang relatif lebih tinggi. Penggunaan 7 lapangan pada perencanaan selalu menghasilkan *conformity index* lebih rendah daripada penggunaan 5 lapangan.

Apabila perencanaan dengan 5 lapangan digunakan sebagai acuan, rasio *conformity index* terhadap 3 dan 7 lapangan dapat dilihat dalam Tabel 4.2. pengambilan acuan 5 lapangan berdasarkan jumlah lapangan yang umumnya digunakan dalam klinis.[7,17]

**Tabel 4.2. Rasio Nilai *Conformity Index* pada Perencanaan IMRT Kanker Prostat**

Pasien	Jumlah Lapangan	CI	Rasio CI
1	3	1.31	1.20
	5	1.10	1.00
	7	1.09	1.00
2	3	1.39	1.10
	5	1.26	1.00
	7	1.17	0.93
3	3	1.42	1.20
	5	1.18	1.00
	7	1.18	1.00
4	3	1.10	1.03
	5	1.06	1.00
	7	1.06	1.00
5	3	1.30	1.21
	5	1.08	1.00
	7	1.02	0.95

Dari ke-5 pasien ternyata untuk perencanaan menggunakan 3 lapangan semua rasio bernilai  $> 1$  sedangkan untuk 7 lapangan ada 3 pasien yang rasionya 1 dan selebihnya mendekati 1. Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan nilai *conformity index* antara perencanaan dengan 5 dan 7 lapangan tidak terpaut jauh.

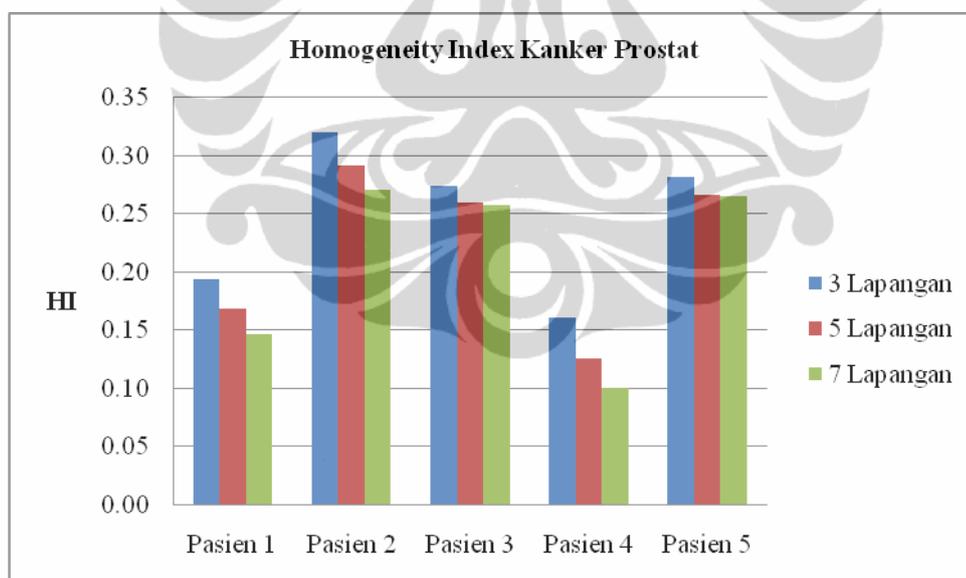
Menurut ICRU nilai *conformity index* yang memenuhi syarat adalah yang mendekati 1.[8] Pada penelitian ini dari ke-5 pasien yang diamati perencanaan dengan 5 dan 7 lapangan menghasilkan nilai *conformity index* yang mendekati 1, dengan demikian memenuhi syarat yang ditentukan.

Parameter ke-2 yang dievaluasi pada perencanaan adalah *homogeneity index* yang merepresentasikan homogenitas dosis dalam volume target. *Homogeneity index* diformulasikan sebagai  $H = \frac{D_{max} - D_{min}}{D_{max} + D_{min}}$ , dengan nilai idealnya adalah 0 yang berarti seluruh dosis pada volume target homogen.[9] Untuk ke-5 pasien nilai *homogeneity index* terdapat dalam Tabel 4.3.

**Tabel 4.3. Homogeneity Index Perencanaan IMRT Kanker Prostat**

Pasien	Jumlah Lapangan	D98% (cGy)	D50% (cGy)	D2% (cGy)	HI
1	3	7046.80	7692.80	8538.80	0.19
	5	7042.00	7713.00	8341.00	0.17
	7	7043.80	7612.50	8155.00	0.15
2	3	6370.00	7012.50	8612.50	0.32
	5	6450.00	7570.00	8660.00	0.29
	7	6552.50	7060.80	8463.80	0.27
3	3	6851.50	7800.00	8986.20	0.27
	5	6680.00	7809.00	8710.00	0.26
	7	6709.50	7701.80	8694.00	0.26
4	3	7260.00	8050.00	8550.00	0.16
	5	7255.00	7893.00	8244.00	0.13
	7	7462.00	7924.00	8260.00	0.10
5	3	6752.50	8029.00	9009.50	0.28
	5	6683.20	7788.80	8760.20	0.27
	7	6560.00	7792.00	8624.00	0.26

Tampilan hasil *homogeneity index* dalam bentuk grafik ditunjukkan dalam Gambar 4.4.

**Gambar 4.4. Grafik Homogeneity Index Perencanaan IMRT Kanker Prostat**

Berdasarkan Gambar 4.4 dapat dilihat bahwa penggunaan 3 lapangan dalam perencanaan ternyata mempunyai homogenitas paling rendah kemudian diikuti oleh 5 dan 7 lapangan.

Seperti halnya *conformity index*, pada *homogeneity index* juga diperhitungkan rasio nilai *homogeneity index* dengan acuan 5 lapangan, hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4.4.

**Tabel 4.4. Rasio Nilai *Homogeneity Index* pada Perencanaan IMRT Kanker Prostat**

Pasien	Jumlah Lapangan	HI	RasioHI
1	3	0.19	1.15
	5	0.17	1.00
	7	0.15	0.87
2	3	0.32	1.10
	5	0.29	1.00
	7	0.27	0.93
3	3	0.27	1.05
	5	0.26	1.00
	7	0.26	0.99
4	3	0.16	1.28
	5	0.13	1.00
	7	0.10	0.80
5	3	0.28	1.05
	5	0.27	1.00
	7	0.26	0.99

Rasio untuk perencanaan dengan 3 lapangan terhadap 5 lapangan diperoleh hasil yang bernilai  $> 1$  dan dengan 7 lapangan diperoleh hasil yang mendekati 1. Dengan demikian hasil perencanaan dengan 5 dan 7 lapangan tidak berbeda jauh homogenitasnya.

Pada penelitian ini diperoleh nilai *homogeneity index* yang beragam antara satu pasien dengan pasien yang lainnya, dimana nilai *homogeneity index* yang diperoleh sebanding dengan besarnya volume target. Semakin besar volume target, nilai *homogeneity index*-nya semakin besar. Dan semakin kecil volume target, nilai *homogeneity index*-nya semakin kecil. Hal ini menunjukkan bahwa homogenitas dosis sangat tergantung pada ukuran volume target. Semakin kecil ukuran volume target, homogenitas dosis semakin lebih mudah dicapai.

Sesuai kriteria ICRU, nilai *homogeneity index* yang memenuhi syarat adalah berkisar 0 – 0,3. Pada penilaian ini diperoleh hasil yang memenuhi syarat adalah perencanaan dengan 5 dan 7 lapangan.

Efek biologi pada buli-buli dan rektum sangat dipengaruhi oleh volume dan dosis. Oleh karenanya untuk evaluasi dilihat volume dan dosis yang mengenainya. Untuk fraksi volume kecil dosis yang mampu ditoleril adalah dosis

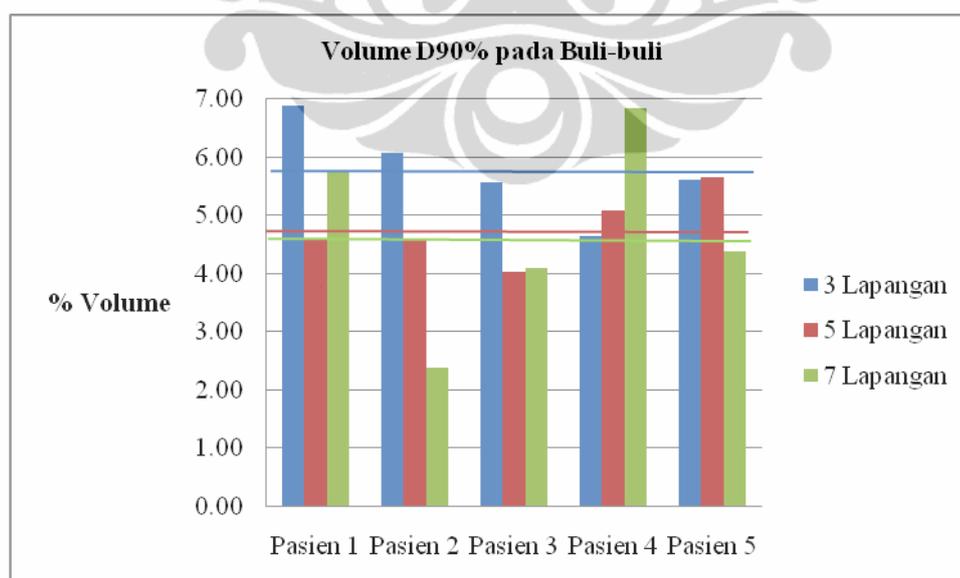
tinggi, sebaliknya untuk fraksi volume besar dosis yang mampu ditoleril adalah dosis rendah.

Pada umumnya dosis pada target yang diberikan antara 6600 cGy - 8000 cGy. Untuk itu sebagai evaluasi dilihat volume pada dosis 90%, 75% , dan 50% terhadap dosis preskripsi. Hasil pengamatan untuk dosis di buli-buli dari ke-5 pasien dapat dilihat pada Tabel 4.5.

**Tabel 4.5. Volume Dosis pada Buli-buli**

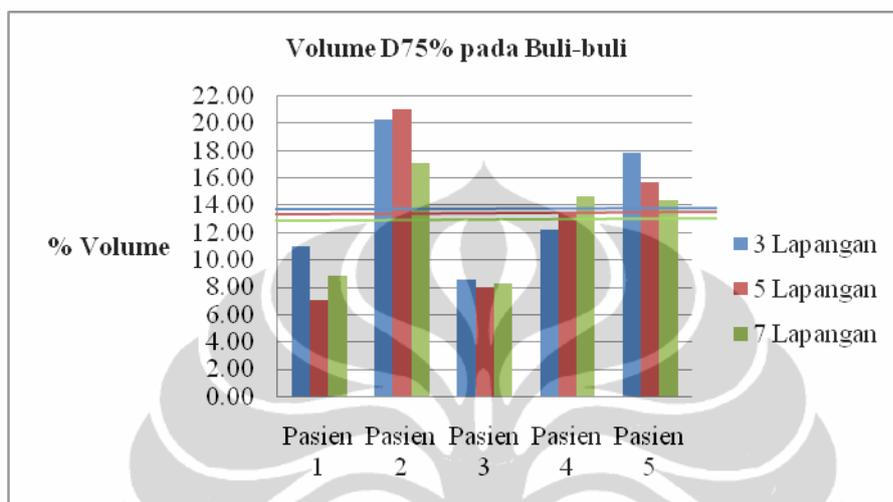
Pasien	Jumlah Lapangan	Volume Dosis (%)		
		90%	75%	50%
1	3	6.89	10.99	18.54
	5	4.58	7.03	13.33
	7	5.74	8.85	19.29
2	3	6.06	20.25	42.12
	5	4.58	21.00	43.97
	7	2.39	17.11	38.84
3	3	5.55	8.53	16.21
	5	4.03	8.01	22.59
	7	4.09	8.30	23.41
4	3	4.65	12.20	36.04
	5	5.09	13.43	35.80
	7	6.83	14.66	33.61
5	3	5.60	17.80	43.92
	5	5.65	15.68	43.22
	7	4.38	14.35	44.60

Dalam bentuk grafik volume dosis di buli-buli ditunjukkan pada Gambar 4.5 – Gambar 4.7.



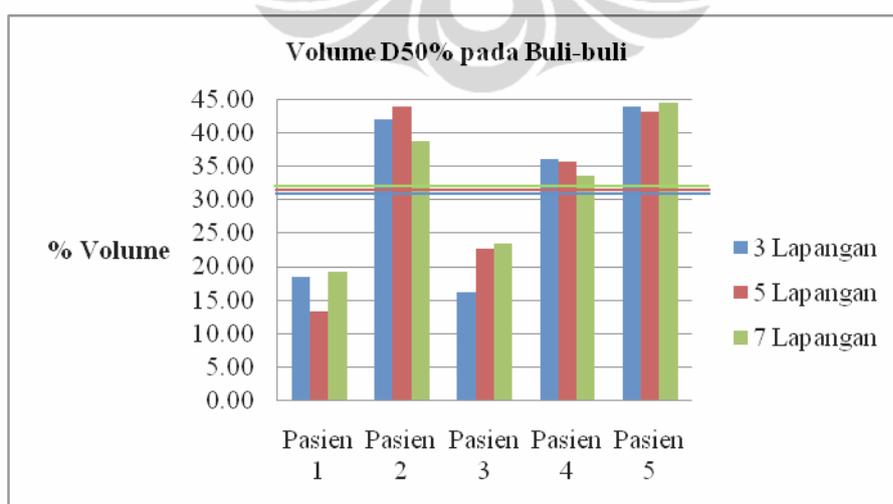
**Gambar 4.5. Grafik Volume Dosis 90% pada Buli-buli.** Grafik histogram adalah volume dosis 90% pada buli-buli untuk ke-5 pasien dengan jumlah lapangan 3, 5, dan 7. Garis berwarna mendatar merupakan nilai rata-rata untuk masing-masing jumlah lapangan.

Secara keseluruhan volume buli-buli untuk dosis 90% terhadap dosis preskripsi diperoleh hasil  $< 7\%$ . Bila dibandingkan dengan dosis toleransi yang diperbolehkan yaitu 35% untuk dosis 7000 - 7500 cGy, hasil penelitian ini masih dalam batas yang diperbolehkan. [12] Hasilnya sangat bervariasi yang tergantung pada ukuran prostat sehingga berakibat kepada jarak terhadap buli-buli.



**Gambar 4.6. Grafik Volume Dosis 75% pada Buli-buli.** Grafik histogram adalah volume dosis 75% pada buli-buli untuk ke-5 pasien dengan jumlah lapangan 3, 5, dan 7. Garis berwarna mendatar merupakan nilai rata-rata untuk masing-masing jumlah lapangan.

Sedangkan volume buli-buli untuk dosis 75% terhadap dosis preskripsi didapatkan hasil  $< 20\%$ , kecuali untuk pasien ke-2 hasilnya 21%. Namun hasil ini masih dalam batas toleransi, yaitu 50%. [12] Perbedaan ke-3 jenis perencanaan semakin tidak terlalu besar, hal ini terlihat dari dosis rata-ratanya.



**Gambar 4.7. Grafik Volume Dosis 50% pada Buli-buli.** Grafik histogram adalah volume dosis 50% pada buli-buli untuk ke-5 pasien dengan jumlah lapangan 3, 5, dan 7. Garis berwarna mendatar merupakan nilai rata-rata untuk masing-masing jumlah lapangan.

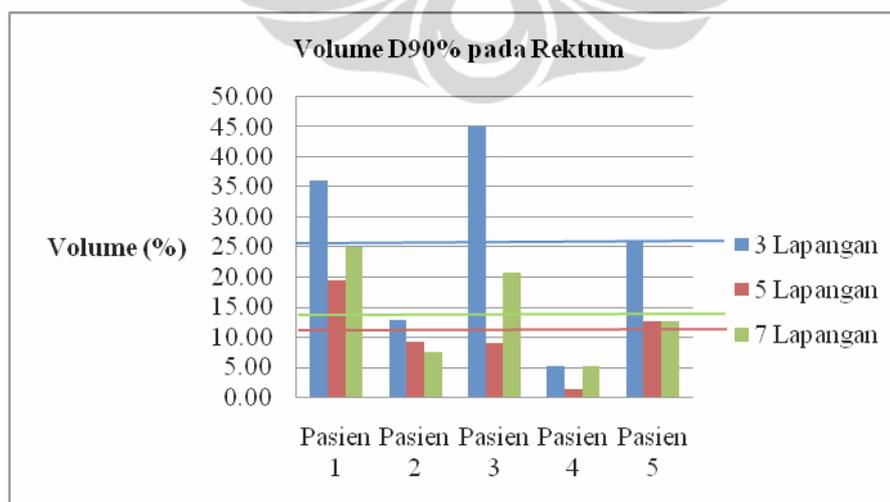
Demikian pula dengan volume buli-buli untuk dosis 50% terhadap dosis preskripsi didapatkan hasil yang masih dalam batas toleransi. Hasil yang diperoleh < 45% dan batas toleransinya adalah 50%. Perbedaannya juga semakin tidak banyak di antara ke-3 jenis perencanaan. Dari keseluruhan hasil untuk dosis di buli-buli dapat disimpulkan bahwa volume dosis di buli-buli perbedaannya tidak signifikan untuk ke-3 jenis perencanaan.

Selain buli-buli, organ beresiko yang dievaluasi pada kasus kanker prostat adalah rektum. Hasil perencanaan untuk dosis di rektum dapat dilihat pada Tabel 4.6.

**Tabel 4.6. Volume Dosis pada Rektum**

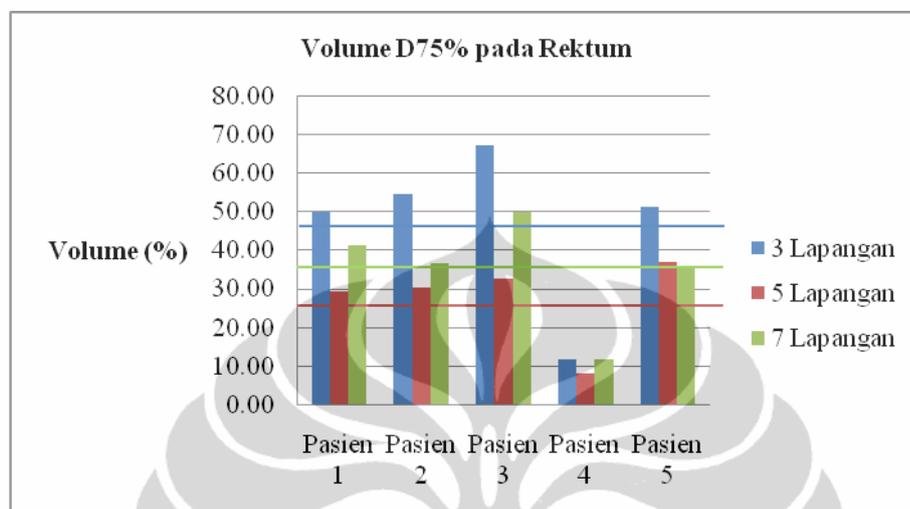
Pasien	Jumlah Lapangan	Volume Dosis (%)		
		90%	75%	50%
1	3	36.05	49.86	69.96
	5	19.43	29.28	51.01
	7	25.00	41.23	67.51
2	3	12.86	54.68	83.92
	5	9.18	30.35	75.65
	7	7.56	36.64	75.18
3	3	45.06	67.24	85.48
	5	9.00	32.56	72.47
	7	20.72	50.00	84.74
4	3	5.21	11.67	29.33
	5	1.25	8.07	26.55
	7	5.17	11.63	29.14
5	3	25.89	51.19	61.67
	5	12.59	36.93	60.40
	7	12.63	35.46	60.59

Secara grafik hasilnya disajikan dalam Gambar 4.8 – Gambar 4.10.



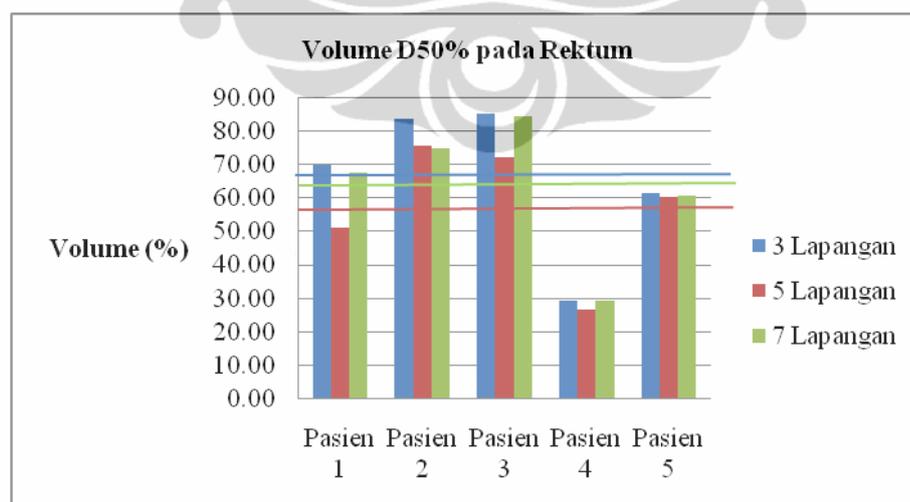
**Gambar 4.8. Grafik Volume Dosis 90% pada Rektum.** Grafik histogram adalah volume dosis 90% pada rektum untuk ke-5 pasien dengan jumlah lapangan 3, 5, dan 7. Garis berwarna mendatar merupakan nilai rata-rata untuk masing-masing jumlah lapangan.

Dari Gambar 4.8 dapat dilihat bahwa secara keseluruhan volume dosis 90% di rektum diperoleh hasil masih dalam batas toleransi yaitu  $< 25\%$ , kecuali pada perencanaan dengan 3 lapangan untuk pasien ke-1, 3 dan 5. [12] Dan persentase rata-rata terendah terjadi pada perencanaan dengan 5 lapangan.



**Gambar 4.9. Grafik Volume Dosis 75% pada Rektum.** Grafik histogram adalah volume dosis 75% pada rektum untuk ke-5 pasien dengan jumlah lapangan 3, 5, dan 7. Garis berwarna mendatar merupakan nilai rata-rata untuk masing-masing jumlah lapangan.

Demikian pula halnya dengan volume dosis 75 % di rektum, hasilnya masih dalam batas toleransi  $< 50\%$ , kecuali untuk perencanaan menggunakan 3 lapangan pada pasien ke-2, 3, dan 5.[12] Persentase rata-rata volumenya yang terendah juga terjadi pada perencanaan dengan 5 lapangan.



**Gambar 4.10. Grafik Volume Dosis 50% pada Rektum.** Grafik histogram adalah volume dosis 50% pada rektum untuk ke-5 pasien dengan jumlah lapangan 3, 5, dan 7. Garis berwarna mendatar merupakan nilai rata-rata untuk masing-masing jumlah lapangan.

Gambar 4.10 menunjukkan kecenderungan yang sama dengan hasil volume dosis 90% dan 75%. Perencanaan dengan 5 lapangan memiliki persentase rata-rata volume dosis terendah pada rektum dibandingkan perencanaan dengan jumlah lapangan 3 dan 7.

Faktor *conformity* dan *homogeneity index* yang semakin baik akan membuat bentuk kurva target pada DVH semakin ke kanan dan semakin berkurang divergensinya. Sedangkan dosis yang semakin rendah pada organ beresiko akan membuat kurvanya pada DVH semakin ke kiri. Kondisi ini membuat semakin jauh terpisahnya kurva target dan organ beresiko pada DVH. Dengan demikian akan mengakibatkan semakin jauh terpisahnya kurva probabilitas efek radiasi pada target dan organ beresiko di sekitarnya sehingga nilai rasio terapi yang dihasilkan akan semakin besar. Pada penelitian ini yang menghasilkan nilai rasio terapi terbesar adalah perencanaan dengan 5 lapangan karena memiliki nilai *conformity* dan *homogeneity index* yang baik serta dosis di rektum yang paling rendah.

Jumlah segmen, total MU (*monitor unit*), durasi terapi, dan lamanya pengerjaan di TPS perencanaan IMRT kanker prostat dapat dilihat pada Tabel 4.7.

**Tabel 4.7. Jumlah Segmen, Total MU, Durasi Terapi, dan Waktu Pengerjaan TPS Perencanaan IMRT Kanker Prostat**

Pasien	Jumlah Lapangan	Jumlah Segmen	Total MU	Durasi Terapi (Menit)	Waktu Pengerjaan TPS (Jam)
1	3	46	452.7	21	9
	5	82	600.2	28	12
	7	102	474.9	32	15
2	3	55	544.0	23	11
	5	77	845.6	25	14
	7	115	827.7	36	17
3	3	66	660.1	25	9
	5	76	932.1	28	11
	7	83	568.1	30	13
4	3	32	361.1	18	8
	5	35	366.4	20	10
	7	80	340.1	28	12
5	3	48	716.8	22	10
	5	48	633.4	23	13
	7	104	612.2	33	16

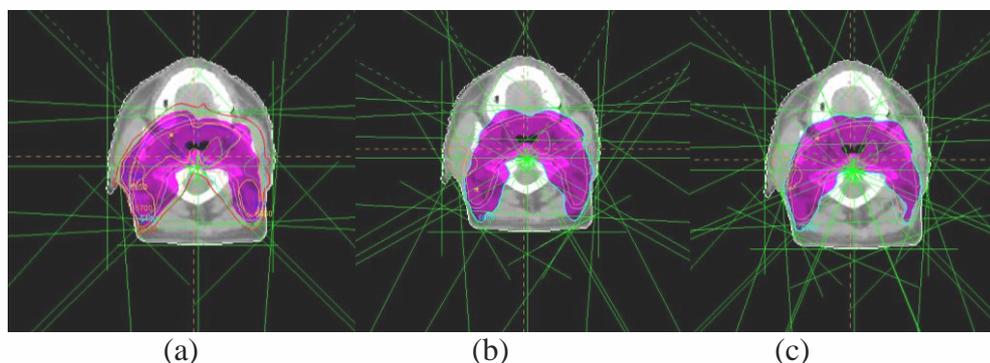
Dari Tabel 4.7 dapat diketahui bahwa semakin banyak jumlah lapangan yang digunakan maka jumlah segmen yang dihasilkan juga semakin banyak. Untuk total MU yang dihasilkan cukup bervariasi. Ketiga parameter ini, yaitu jumlah

lapangan, jumlah segmen, dan total MU mempengaruhi durasi terapi pada pesawat penyinaran. Durasi terapi yang dihasilkan paling lama oleh perencanaan dengan 7 lapangan kemudian semakin sedikit dengan 5 lapangan dan paling sedikit dengan 3 lapangan. Demikian juga dengan waktu pengerjaan di TPS, mulai dari yang paling lama sampai yang paling sedikit waktunya berturut-turut adalah perencanaan dengan 7, 5, dan 3 lapangan.

Berdasarkan evaluasi *conformity index*, *homogeneity index*, dosis pada buli-buli dan rektum, durasi terapi, serta waktu pengerjaan di TPS, jumlah lapangan yang optimal untuk perencanaan IMRT kanker prostat adalah 5 lapangan. Untuk *conformity index* dan *homogeneity index*, hasil yang lebih baik diperoleh pada perencanaan dengan 7 lapangan, namun perbedaannya tidak bermakna dibandingkan dengan 5 lapangan. Bahkan terdapat kerugian dimana semakin banyak jumlah lapangan yang digunakan akan memakan waktu lebih lama pada proses pengerjaan di TPS dan total waktu penyinaran pada pesawat radiasi. Hasil yang dapat menguatkan adalah dosis pada rektum, dimana dosis terendah terjadi pada perencanaan dengan 5 lapangan. Dengan demikian nilai rasio terapi paling besar diperoleh pada perencanaan dengan 5 lapangan.

#### 4.2. Kanker Nasofaring

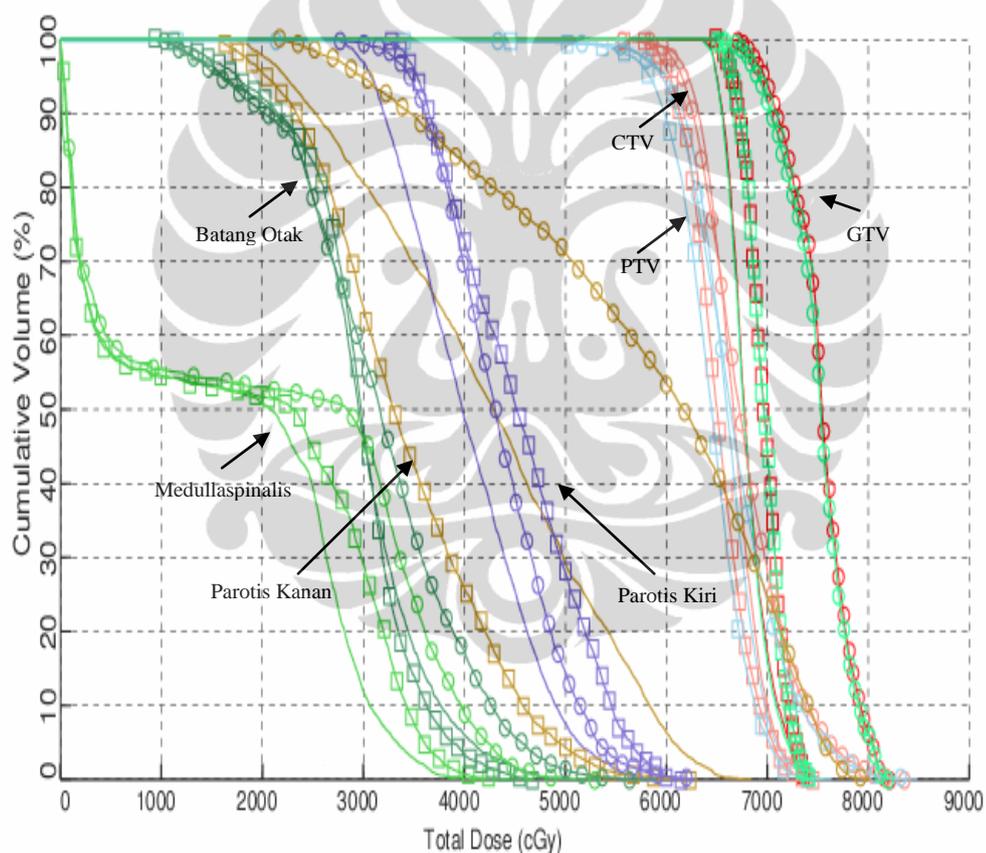
Evaluasi yang sama dilakukan pada perencanaan IMRT kanker nasofaring. Jumlah sampel yang digunakan sama dengan kanker prostat, yaitu 5 pasien dengan jumlah lapangan radiasi sebanyak 5, 7, dan 9. Diberikan contoh salah satu hasil perencanaan kanker nasofaring pada irisan yang sama dalam Gambar 4.11.



**Gambar 4.11. Contoh Hasil Perencanaan IMRT Kanker Nasofaring TPS Precise Plan.**  
(a) 5 Lapangan (b) 7 Lapangan dan (c) 9 Lapangan

*Conformity* kurva isodosi dosis preskripsi pada Gambar 4.11 tidak terlihat jelas, tetapi pada layar monitor TPS terlihat jelas bahwa hasil perencanaan dengan 5 lapangan belum terlalu baik, tetapi dengan 7 lapangan semakin baik, dan dengan 9 lapangan lebih baik lagi. Berarti perencanaan IMRT kanker nasofaring dengan 7 lapangan kurva isodosisnya mulai *conform*. Organ beresiko di sekitar volume target seperti medullaspinalis, kelenjar parotis, dan batang otak dengan teknik IMRT dapat terhindar dari dosis tinggi tanpa perlu melakukan perubahan perencanaan sejak fraksi awal penyinaran sampai selesai.

Hasil kurva DVH yang akan dievaluasi untuk contoh pasien di atas ditampilkan dalam Gambar 4.12.



**Gambar 4.12. Dose Volume Histogram (DVH) Hasil Perencanaan IMRT Kanker Nasofaring TPS Precise Plan. (—○—) 5 Lapangan, (—□—) 7 Lapangan dan (—) 9 Lapangan**

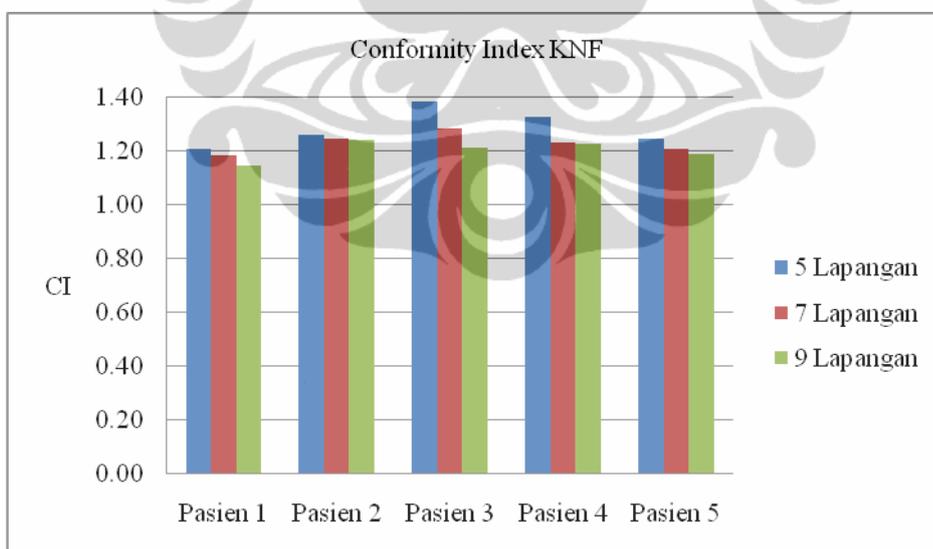
Seperti pada kanker prostat, parameter yang dievaluasi juga sama, yaitu *conformity index*, *homogeneity index* dan dosis pada organ beresiko di sekitar volume target.

*Conformity index* hasil perencanaan IMRT ke-5 pasien kanker nasofaring disajikan dalam Tabel 4.8.

**Tabel 4.8. Conformity Index Perencanaan IMRT Kanker Nasofaring**

Pasien	Jumlah Lapangan	V <sub>PTV</sub> (cc)	V <sub>95%PTV</sub> (cc)	V <sub>95%N</sub> (cc)	V <sub>95%</sub> (cc)	CI
1	5	163.10	158.64	38.23	196.87	1.21
	7	163.10	158.12	35.30	193.42	1.19
	9	163.10	158.05	28.56	186.61	1.14
2	5	449.00	437.04	129.01	566.04	1.26
	7	449.00	436.31	123.26	559.57	1.25
	9	449.00	442.99	115.20	558.19	1.24
3	5	747.10	713.95	319.12	1033.06	1.38
	7	747.10	728.36	230.15	958.51	1.28
	9	747.10	719.94	184.28	904.22	1.21
4	5	694.60	684.26	237.98	922.24	1.33
	7	694.60	678.29	176.73	855.01	1.23
	9	694.60	683.44	170.12	853.56	1.23
5	5	365.00	352.16	103.40	455.56	1.25
	7	365.00	359.37	80.76	440.14	1.21
	9	365.00	353.48	79.51	432.99	1.19

Untuk dapat dilihat lebih jelas, hasil *conformity index* ditampilkan dalam Gambar 4.13.



**Grafik 4.13. Grafik Conformity Index Perencanaan IMRT Kanker Nasofaring**

Hasil yang diperoleh lebih tinggi dibandingkan dengan hasil pada kanker prostat, yaitu berkisar antara 1,14 – 1,38. Hal ini dikarenakan volume target yang lebih besar dari pada target pada kanker prostat dan bentuk target yang lebih kompleks, sehingga bentuk kurva isodosis yang *conform* lebih sulit dicapai. Pada penelitian

ini hasil terendah diperoleh pada perencanaan dengan 9 lapangan, kemudian diikuti dengan nilai yang lebih besar pada perencanaan dengan 7 dan 5 lapangan.

Pada perhitungan rasio nilai *conformity index* kanker nasofaring yang dijadikan acuan adalah perencanaan dengan 7 lapangan yang merupakan jumlah lapangan yang umum digunakan dalam klinis.[7,17] Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4.9.

**Tabel 4.9. Rasio Nilai Conformity Index pada Perencanaan IMRT Kanker Nasofaring**

Pasien	Jumlah Lapangan	CI	Rasio CI
1	5	1.21	1.02
	7	1.19	1.00
	9	1.14	0.96
2	5	1.26	1.01
	7	1.25	1.00
	9	1.24	1.00
3	5	1.38	1.08
	7	1.28	1.00
	9	1.21	0.94
4	5	1.33	1.08
	7	1.23	1.00
	9	1.23	1.00
5	5	1.25	1.04
	7	1.21	1.00
	9	1.19	0.98

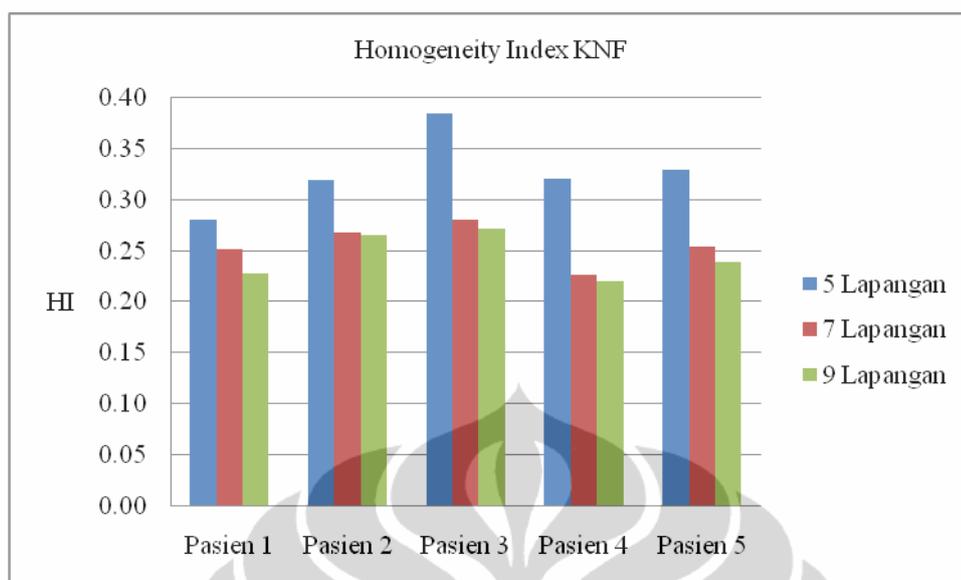
Dari Tabel 4.9 dapat dilihat bahwa perencanaan dengan 5 lapangan menghasilkan rasio  $> 1$  dan perencanaan dengan 9 lapangan menghasilkan rasio yang mendekati 1. Hasil ini menunjukkan perbedaan antara 7 dan 9 lapangan tidak terpaut jauh.

Hasil *homogeneity index* perencanaan IMRT kanker nasofaring dapat dilihat dalam Tabel 4.10.

**Tabel 4.10. Homogeneity Index Perencanaan IMRT Kanker Nasofaring**

Pasien	Jumlah Lapangan	D98% (cGy)	D50% (cGy)	D2% (cGy)	HI
1	5	5670.00	6630.80	7528.50	0.28
	7	5675.00	6662.50	7350.00	0.25
	9	5643.80	6471.50	7116.50	0.23
2	5	5600.00	6760.00	7760.00	0.32
	7	5644.50	6550.00	7400.80	0.27
	9	5800.00	6640.00	7560.00	0.27
3	5	5313.00	6601.00	7848.80	0.38
	7	5600.00	6560.00	7440.00	0.28
	9	5530.00	6399.00	7268.00	0.27
4	5	5712.00	6678.00	7854.00	0.32
	7	5662.00	6450.00	7125.00	0.23
	9	5776.00	6574.00	7220.00	0.22
5	5	5520.20	6514.20	7668.00	0.33
	7	5780.20	6630.80	7465.50	0.25
	9	5596.20	6435.00	7136.20	0.24

Penyajian dalam bentuk grafik ditampilkan dalam Gambar 4.14.



Gambar 4.14. Grafik *Homogeneity Index* Perencanaan IMRT Kanker Nasofaring

Nilai *homogeneity index* pada penelitian ini diperoleh hasil yang masih dalam batas rekomendasi ICRU yaitu  $< 0,3$ , kecuali untuk perencanaan dengan 5 lapangan.[9]

Rasio nilai *homogeneity index* untuk perencanaan dengan 5 lapangan dan 9 lapangan terhadap 7 lapangan dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel. 4.11. Rasio Nilai *Homogeneity Index* pada Perencanaan IMRT Kanker Nasofaring

Pasien	Jumlah Lapangan	CI	Rasio CI
1	5	1.21	1.11
	7	1.19	1.00
	9	1.14	0.91
2	5	1.26	1.19
	7	1.25	1.00
	9	1.24	0.99
3	5	1.38	1.37
	7	1.28	1.00
	9	1.21	0.97
4	5	1.33	1.41
	7	1.23	1.00
	9	1.23	0.97
5	5	1.25	1.30
	7	1.21	1.00
	9	1.19	0.94

Dari Tabel 4.8 dapat dilihat bahwa nilai *homogeneity index* untuk perencanaan dengan 9 lapangan tidak terpaut jauh dengan 7 lapangan.

Organ beresiko yang dievaluasi pada kanker nasofaring adalah medullaspinalis, batang otak, dan kelenjar parotis. Parameter yang dievaluasi pada

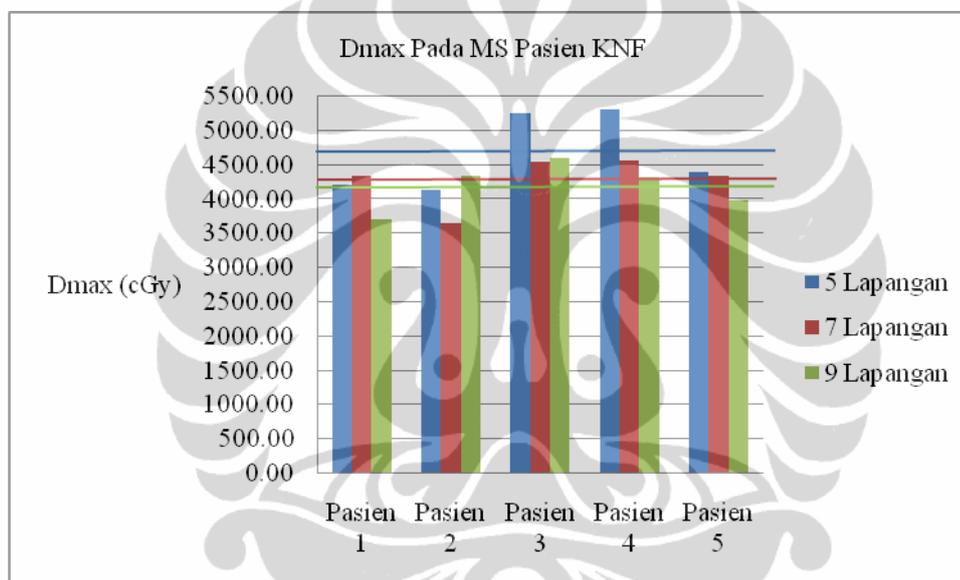
medullaspinalis dan batang otak adalah dosis maksimum, sedangkan pada kelenjar parotis adalah dosis rata-rata.

Dosis maksimum di medullaspinalis untuk ke-5 pasien hasilnya diperlihatkan dalam Tabel 4.12.

**Tabel 4.12. Dosis Maksimum pada Medullaspinalis Kanker Nasofaring**

Jumlah Lapangan	Dmax Medullaspinalis (cGy)					
	Pasien 1	Pasien 2	Pasien 3	Pasien 4	Pasien 5	Rata-rata
5	4199.00	4125.00	5259.00	5300.00	4386.00	4653.80
7	4329.00	3645.00	4535.00	4567.00	4328.00	4280.80
9	3693.00	4331.00	4600.00	4310.00	3975.00	4181.80

Secara grafik hasilnya ditampilkan pada Gambar 4.15.



**Gambar 4.15. Dosis Maksimum pada Medullaspinalis.** Grafik histogram adalah dosis maksimum pada medullaspinalis untuk ke-5 pasien dengan jumlah lapangan 5, 7, dan 9. Garis berwarna mendatar merupakan nilai rata-rata untuk masing-masing jumlah lapangan.

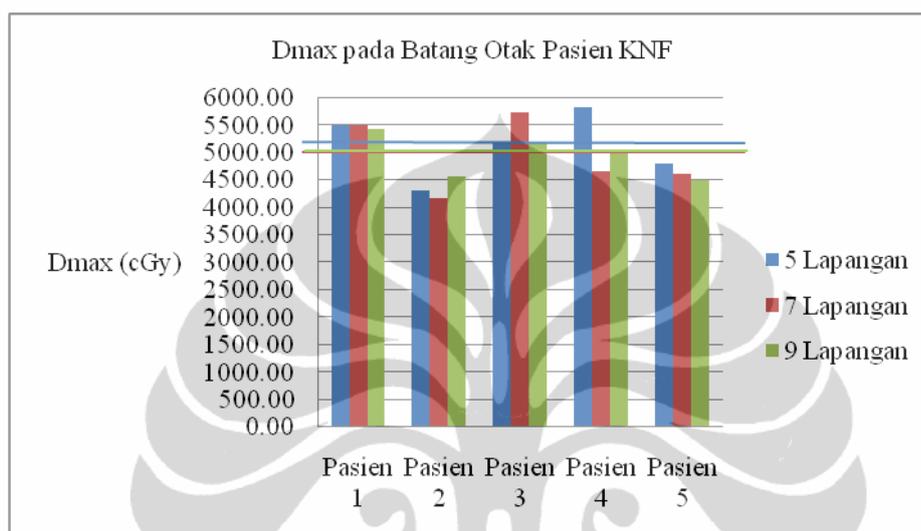
Dosis yang diperbolehkan pada medullaspinalis adalah dosis maksimum yang nilainya  $< 4600$  cGy atau 1 cc dosisnya  $< 5000$  cGy. [13] Pada penelitian ini didapatkan 2 perencanaan menggunakan 5 lapangan yang dosis pada medullaspinalisnya melebihi nilai batas yang diperbolehkan. Untuk perencanaan dengan 7 dan 9 lapangan dosisnya masih dalam batas yang diperbolehkan.

Dosis maksimum di batang otak pada perencanaan IMRT kanker nasofaring hasilnya dapat dilihat dalam Tabel 4.13.

**Tabel 4.13. Dosis Maksimum pada Batang Otak Kanker Nasofaring**

Jumlah Lapangan	Dmax Batang Otak (cGy)					
	Pasien 1	Pasien 2	Pasien 3	Pasien 4	Pasien 5	Rata-rata
5 Lapangan	5497.00	4304.00	5168.00	5838.00	4793.00	5120.00
7 Lapangan	5400.00	4184.00	5400.00	4664.00	4606.00	4850.80
9 Lapangan	5400.00	4567.00	5168.00	5069.00	4490.00	4938.80

Dalam bentuk grafik hasilnya ditampilkan pada Gambar 4.16.



**Gambar 4.16. Grafik Dosis Maksimum pada Batang Otak.** Grafik histogram adalah dosis maksimum pada batang otak untuk ke-5 pasien dengan jumlah lapangan 5, 7, dan 9. Garis berwarna mendatar merupakan nilai rata-rata untuk masing-masing jumlah lapangan.

Dari Gambar 4.16 dapat dilihat bahwa dosis rata-rata pada batang otak antara ke-3 jenis perencanaan perbedaannya tidak bermakna. Dosis yang diperbolehkan pada batang otak adalah dosis maksimum nilainya  $< 5400$  cGy atau 1% volume dosisnya  $< 6000$  cGy. [13] Pada penelitian ini didapatkan hasil dosis pada batang otak masih dalam batas yang diperbolehkan.

Hasil yang diperoleh untuk dosis rata-rata di kelenjar parotis dapat dilihat dalam Tabel 4.14 untuk kelenjar parotis kanan dan Tabel 4.15 untuk kelenjar parotis kiri.

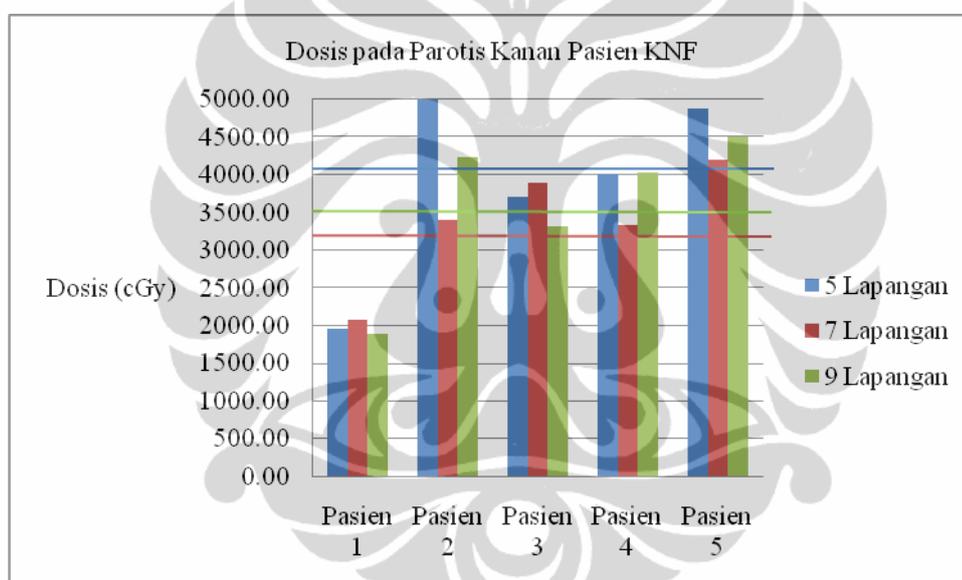
**Tabel 4.14. Dosis Rata-rata pada Kelenjar Parotis Kanan**

Jumlah Lapangan	Dosis Rata-rata Parotis Kanan (cGy)					
	Pasien 1	Pasien 2	Pasien 3	Pasien 4	Pasien 5	Rata-rata
5	1954.00	5769.00	3705.00	4018.00	4874.00	4064.00
7	2085.00	3402.00	3892.00	3333.00	4201.00	3382.60
9	1891.00	4226.00	3312.00	4021.00	4504.00	3590.80

**Tabel 4.15. Dosis Rata-rata pada Kelenjar Parotis Kiri**

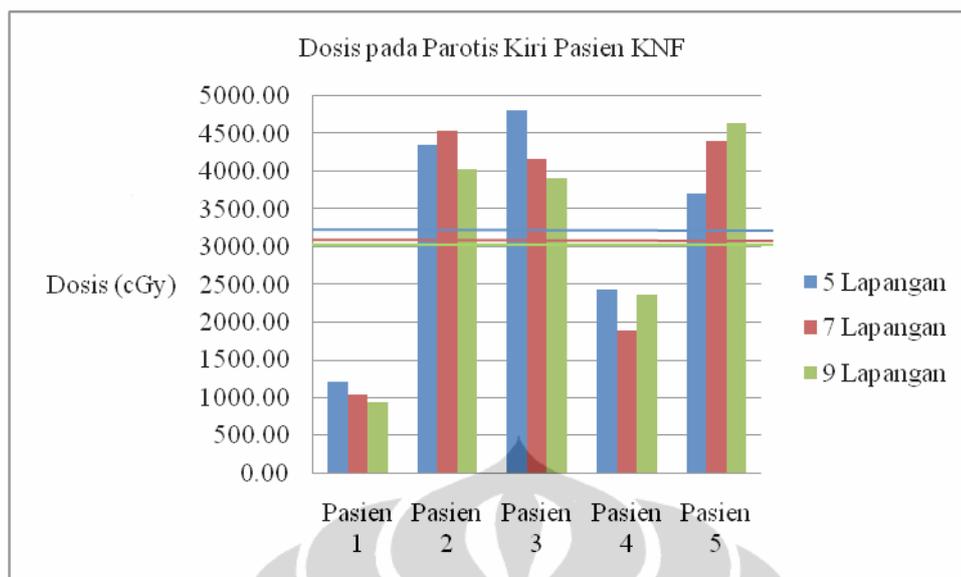
Jumlah Lapangan	Dosis Rata-rata Parotis Kiri (cGy)					
	Pasien 1	Pasien 2	Pasien 3	Pasien 4	Pasien 5	Rata-rata
5	1212.00	4342.00	4811.00	2439.00	3710.00	3302.80
7	1048.00	4536.00	4158.00	1898.00	4402.00	3208.40
9	934.00	4030.00	3908.00	2366.00	4638.00	3175.20

Perbedaan dosis yang terjadi pada parotis kanan dan kiri disebabkan oleh perbedaan letak target pada masing-masing pasien. Pada pasien ke-1 dan 4 dosis di parotis kanan lebih besar karena letak target lebih ke kanan, sedangkan pada pasien ke-2, 3 dan 5 terjadi kondisi yang sebaliknya. Dosis pada kelenjar parotis dalam bentuk grafik untuk parotis kanan dan kiri berturut-turut ditunjukkan pada Gambar 4-17 dan 4.18.



**Gambar 4.17. Grafik Dosis pada Parotis Kanan.** Grafik histogram adalah dosis rata-rata pada kelenjar parotis kanan untuk ke-5 pasien dengan jumlah lapangan 5, 7, dan 9. Garis berwarna mendatar merupakan nilai rata-rata untuk masing-masing jumlah lapangan.

Pada Gambar 4.17 dapat dilihat bahwa dosis pada parotis kanan diperoleh dosis rata-rata yang nilainya rendah terjadi pada perencanaan dengan 7 dan 9 lapangan.



**Gambar 4.18. Grafik Dosis pada Parotis Kiri.** Grafik histogram adalah dosis rata-rata pada kelenjar parotis kiri untuk ke-5 pasien dengan jumlah lapangan 5, 7, dan 9. Garis berwarna mendatar merupakan nilai rata-rata untuk masing-masing jumlah lapangan.

Sedangkan dosis pada parotis kiri seperti dalam Gambar 4.18 menunjukkan perbedaan yang tidak bermakna antara perencanaan dengan jumlah lapangan yang berbeda.

Jika dikaitkan dengan nilai rasio terapi, perencanaan dengan 7 dan 9 lapangan akan menghasilkan nilai yang lebih besar dibandingkan perencanaan dengan 3 lapangan. Hal ini disebabkan oleh nilai *conformity* dan *homogeneity index* yang lebih besar dan dosis yang lebih rendah pada organ beresiko. Namun perbedaan yang dihasilkan antara perencanaan dengan 7 dan 9 lapangan tidak signifikan.

Jumlah segmen, total MU, durasi terapi dan waktu pengerjaan TPS pada perencanaan IMRT kanker nasofaring dapat dilihat pada Tabel 4.16. Untuk jumlah segmen yang dihasilkan kecenderungan yang dihasilkan masih sama seperti kasus sebelumnya. Semakin banyak jumlah lapangan, maka jumlah segmen yang dihasilkan juga semakin banyak. Demikian pula pada total MU hasil yang diperoleh bervariasi. Durasi terapi yang dipengaruhi oleh jumlah lapangan, jumlah segmen, dan total MU diperoleh hasil yang tersingkat pada perencanaan dengan 5 lapangan, kemudian diikuti oleh perencanaan dengan 7 dan 9 lapangan.

**Tabel 4.16. Jumlah Segmen, Total MU, Durasi Terapi, dan Waktu Pengerjaan TPS Perencanaan IMRT Kanker Nasofaring**

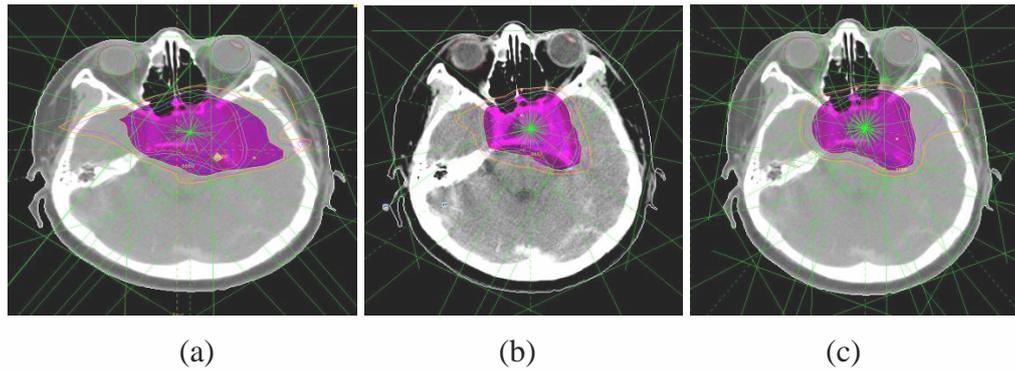
Pasien	Jumlah Lapangan	Jumlah Segmen	Total MU	Durasi Terapi (Menit)	Waktu Pengerjaan TPS (Jam)
1	5	62	631.3	25	12
	7	89	602.7	30	15
	9	92	619.5	32	18
2	5	129	704.0	36	20
	7	123	985.3	37	22
	9	131	748.0	39	24
3	5	108	773.3	33	19
	7	134	1225.8	40	25
	9	129	643.5	38	29
4	5	106	717.3	33	18
	7	133	766.4	38	23
	9	133	689.8	39	28
5	5	116	600.3	34	15
	7	104	583.3	33	18
	9	132	693.7	39	21

Waktu pengerjaan TPS sebanding dengan jumlah lapangan yang digunakan, semakin banyak jumlah lapangan yang digunakan semakin lama waktu pengerjaan di TPS.

Sesuai evaluasi *conformity index*, *homogeneity index*, dosis pada organ beresiko di dekat target, durasi terapi, dan waktu pengerjaan di TPS, jumlah lapangan yang optimal untuk perencanaan IMRT kanker nasofaring prostat adalah 7 lapangan. Secara keseluruhan tidak terdapat perbedaan bermakna antara perencanaan dengan 7 dan 9 lapangan. Dengan demikian perencanaan dengan 7 lapangan lebih menguntungkan karena proses pengerjaan di TPS lebih singkat dan penggunaan pesawat radiasi yang lebih efisien dengan dihasilkannya waktu terapi yang lebih singkat. Sedangkan untuk perencanaan dengan 5 lapangan didapatkan hasil yang kurang bagus, baik dalam kurva isodosisnya maupun pada dosis di organ beresiko di dekat target.

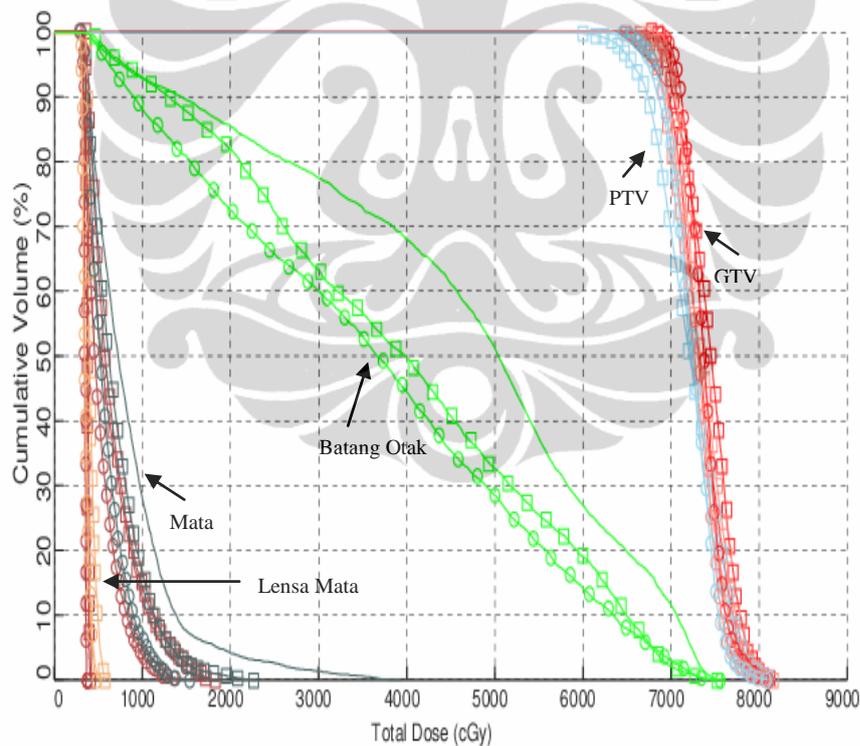
#### 4.3. Tumor Hipofise

Dikarenakan keterbatasan jumlah pasien pada kasus ini, perencanaan radiasi teknik IMRT tumor hipofise hanya dilakukan terhadap 1 pasien dengan jumlah lapangan radiasi sebanyak 5, 7, dan 9. Hasil perencanaan pada irisan yang sama ditampilkan dalam Gambar 4.19.



(a) (b) (c)  
**Gambar 4.19. Hasil Perencanaan IMRT Tumor Hipofise.**  
 (a) 5 Lapangan (b) 7 Lapangan dan (c) 9 Lapangan

Pada kasus tumor hipofise bentuk targetnya sangat iregular. Pada Gambar 4.19 bentuk target dan kurva isodosis tidak dapat dilihat dengan jelas, namun pada tayangan monitor TPS dapat dilihat bahwa perencanaan dengan 5 lapangan kurva isodosisnya tidak *conform*, sedangkan perencanaan dengan 7 dan 9 lapangan mulai *conform*. Hasil DVH diperlihatkan pada Gambar 4.20.



**Gambar 4.20. Dose Volume Histogram (DVH) Perencanaan IMRT Tumor Hipofise TPS**  
**Precise Plan.** (—) 5 Lapangan, (—□—) 7 Lapangan dan (—○—) 9 Lapangan

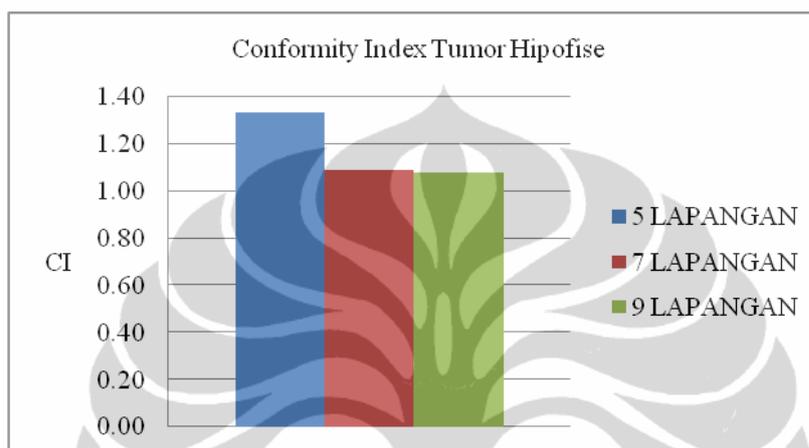
Selanjutnya dari kurva DVH dilakukan pula evaluasi parameter *conformity index*, *homogeneity index* dan dosis pada organ beresiko.

Hasil *conformity index* dapat dilihat pada Tabel 4.17.

**Tabel 4.17. Conformity Index Perencanaan IMRT Tumor Hipofise**

Jumlah Lapangan	V <sub>PTV</sub> (cc)	V <sub>95%PTV</sub> (cc)	V <sub>95%N</sub> (cc)	V <sub>95%</sub> (cc)	CI
5	54.80	53.12	19.78	72.90	1.33
7	54.80	52.00	7.63	59.63	1.09
9	54.80	52.88	6.20	59.08	1.08

Dalam bentuk grafik hasil *conformity index* ditunjukkan pada Gambar 4.21.



**Gambar 4.21. Grafik Conformity Index Perencanaan IMRT Tumor Hipofise**

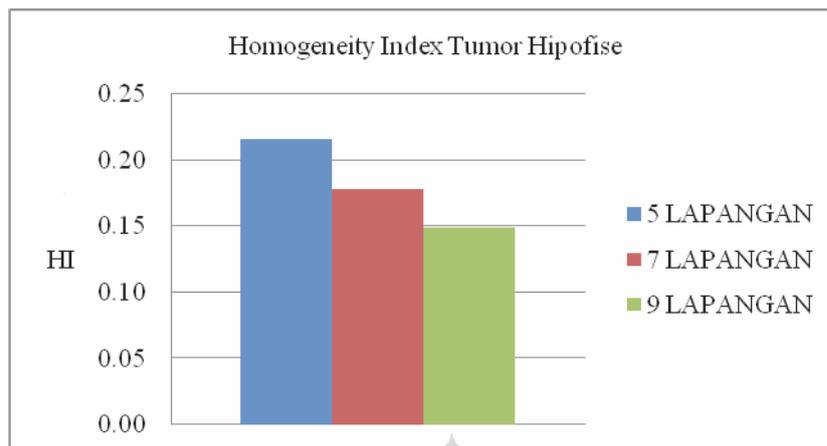
Dari Gambar 4.21 dapat dilihat bahwa *conformity index* untuk perencanaan dengan 7 dan 9 lapangan nilainya mendekati 1 dan perbedaannya tidak bermakna. Sedangkan untuk perencanaan dengan 5 lapangan diperoleh nilai yang paling tinggi. Pada perencanaan dengan 5 lapangan terlihat pula pada bentuk kurva isodosisnya yang tidak *conform*, maka perencanaan IMRT untuk tumor hipofise yang sesuai adalah mulai dengan 7 lapangan.

Untuk *homogeneity index* hasilnya terdapat dalam Tabel 4.18.

**Tabel 4.18. Homogeneity Index Perencanaan IMRT Tumor Hipofise**

Jumlah Lapangan	D <sub>98%</sub> (cGy)	D <sub>50%</sub> (cGy)	D <sub>2%</sub> (cGy)	HI
5	6370.00	7227.00	7930.00	0.22
7	6506.80	7250.00	7800.00	0.18
9	6669.30	7242.80	7751.50	0.15

Pada Gambar 4.22 ditampilkan hasil *homogeneity index* dalam bentuk grafik.



**Gambar 4.22. Grafik Homogeneity Index Perencanaan IMRT Tumor Hipofise**

Seperti dilihat pada Gambar 4.22, untuk *homogeneity index* diperoleh hasil semakin mendekati 0 dengan bertambahnya jumlah lapangan. Keseluruhan hasil masih dalam batas rekomendasi ICRU, yaitu  $< 0,30$ . [8]

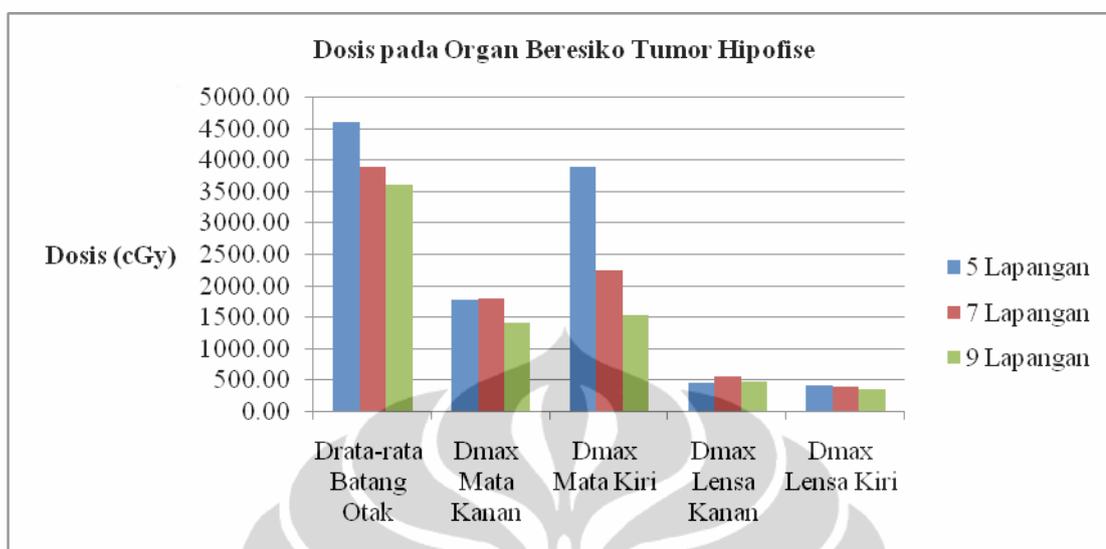
Organ beresiko yang dievaluasi pada perencanaan IMRT tumor hipofise dalam penelitian ini adalah batang otak, mata, dan lensa mata. Didapatkan hasil seperti terdapat dalam Tabel 4.19. Untuk dosis di batang otak, karena sebagian volumenya *overlapping* dengan target maka yang dievaluasi adalah dosis rata-rata. Sedangkan untuk dosis di mata dan lensa mata yang dievaluasi adalah dosis maksimum.

**Tabel 4.19. Dosis pada Batang Otak, Mata, dan Lensa Mata Tumor Hipofise**

Jumlah Lapangan	D <sub>rata-rata</sub> Batang Otak (cGy)	D <sub>max</sub> Mata Kanan (cGy)	D <sub>max</sub> Mata Kiri (cGy)	D <sub>max</sub> Lensa Kanan (cGy)	D <sub>max</sub> Lensa Kiri (cGy)
5	4616.00	1787.00	3912.00	465.00	428.00
7	3912.00	1816.00	2264.00	578.00	412.00
9	3609.00	1421.00	1551.00	486.00	376.00

Dalam bentuk grafik hasilnya ditampilkan pada Gambar 4.23. Berdasarkan Gambar 2.3 dosis rata-rata di batang otak didapatkan hasil tertinggi pada perencanaan menggunakan 5 lapangan kemudian disusul berturut-turut untuk hasil yang lebih rendah pada perencanaan dengan 7 dan 9 lapangan. Pada mata kanan didapatkan hasil dosis maksimum tertinggi untuk 7, kemudian lebih rendah pada 5 lapangan, dan dosis terendah pada 9 lapangan. Pada mata kiri didapatkan hasil dosis maksimum tertinggi pada 5 lapangan, lebih rendah pada 7 lapangan, dan

terendah pada 9 lapangan. Namun secara keseluruhan hasilnya masih dalam batas toleransi, yaitu  $< 3500$  cGy, kecuali dosis di mata kiri dengan 5 lapangan.[10]



**Gambar 4.23. Grafik Dosis pada Batang Otak, Mata, dan Lensa Mata Tumor Hipofise**

Dosis pada lensa mata secara keseluruhan diperoleh hasil yang masih dalam batas toleransi  $< 600$  cGy dengan perbedaan yang tidak signifikan dalam ke-3 jenis perencanaan.[10]

Dari hasil *conformity*, *homogeneity index*, dan organ beresiko di sekitar target, dapat diprediksi nilai rasio terapi yang terbesar terjadi pada perencanaan dengan 7 dan 9 lapangan dengan perbedaan yang tidak signifikan diantara keduanya.

Jumlah segmen, total MU, durasi terapi, dan waktu pengerjaan TPS perencanaan IMRT tumor hipofise terdapat dalam Tabel 4.20.

**Tabel 4.20 .Jumlah Segmen, Total MU, Durasi Terapi, dan Waktu Pengerjaan TPS Perencanaan IMRT Kanker Hipofise**

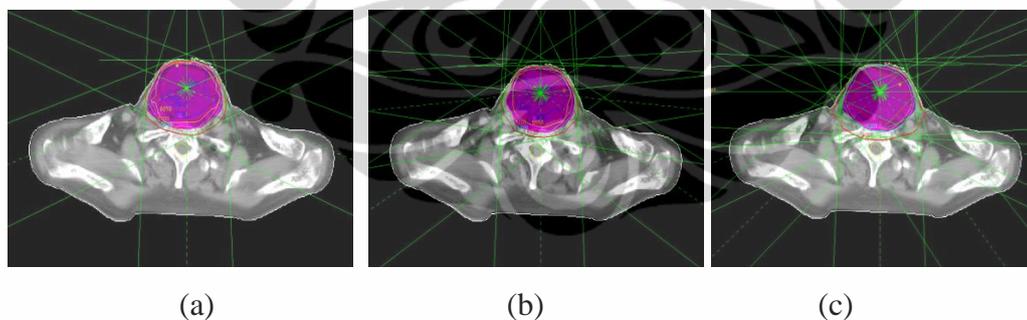
Jumlah Lapangan	Jumlah Segmen	Total MU	Durasi Terapi (Menit)	Waktu Pengerjaan TPS (Jam)
5	47	417.5	22	12
7	61	514.9	25	16
9	51	481.8	25	20

Dari Tabel 4.20 diketahui bahwa jumlah segmen dan total MU yang dihasilkan dalam perencanaan tidak berbanding lurus dengan jumlah lapangan yang digunakan. Dan dari ke-3 parameter tersebut dihasilkan durasi terapi yang sama antara jumlah lapangan 7 dan 9. Untuk waktu pengerjaan di TPS jumlah lapangan yang semakin banyak memerlukan waktu pengerjaan yang lebih lama.

Hasil evaluasi *conformity index*, *homogeneity index*, dosis pada organ beresiko di dekat target, durasi penyinaran, dan waktu pengerjaan di TPS, jumlah lapangan optimal untuk perencanaan IMRT tumor hipofise adalah 7 lapangan. Dari bentuk kurva isodosisnya jumlah lapangan yang menghasilkan bentuk kurva isodosis yang sesuai adalah mulai 7 lapangan. Pada *conformity index* dan *homogeneity index*, perbedaan antara 7 lapangan dan 9 lapangan tidak bermakna. Dalam hal dosis di organ beresiko jumlah lapangan 7 dan 9 menghasilkan dosis yang masih dalam batas toleransi yang diperbolehkan. Dengan mengingat efisiensi waktu pengerjaan di TPS dan waktu terapi di pesawat penyinaran maka perencanaan menggunakan 7 lapangan lebih menguntungkan daripada 9 lapangan. Namun untuk dapat menguatkan argumentasi lebih baik jika penelitian untuk tumor hipofise dilanjutkan dengan jumlah pasien yang lebih banyak.

#### 4.4. Kanker Tiroid

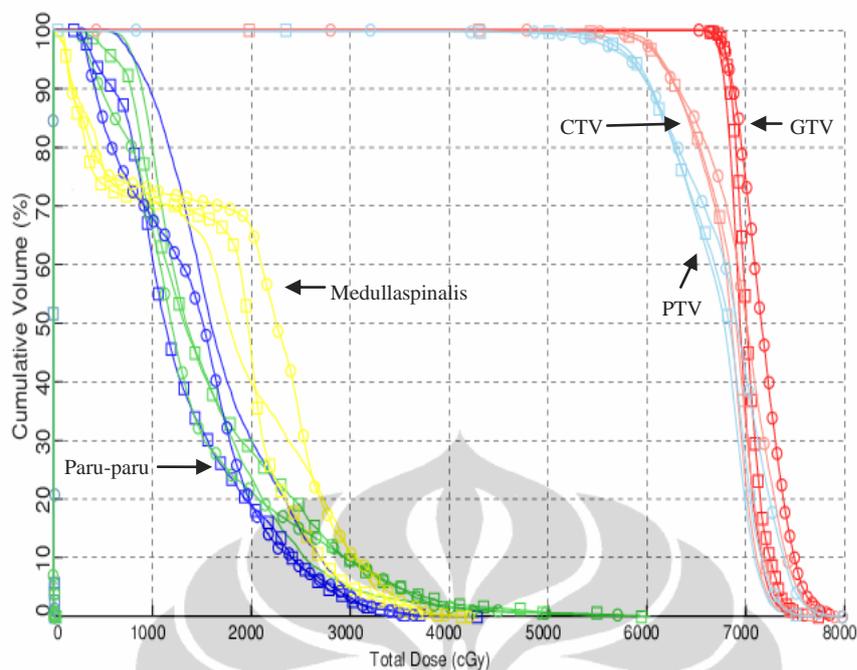
Seperti halnya kasus tumor hipofise, jumlah pasien IMRT pada kanker tiroid juga terbatas, sehingga perencanaan radiasi teknik IMRT kanker tiroid hanya dilakukan terhadap 1 pasien dengan jumlah lapangan radiasi sebanyak 3, 5, dan 7. Hasil perencanaan ditampilkan pada Gambar 4.24.



**Gambar 4.24. Hasil Perencanaan IMRT Kanker Tiroid.**

(a) 3 Lapangan (b) 5 Lapangan dan (c) 7 Lapangan

Pada kasus kanker tiroid digunakan teknik IMRT jika target berada pada bagian tubuh yang bentuknya iregular seperti dari bagian kepala, leher, sampai dada. Bentuk target pada kasus ini cukup sederhana, tidak kompleks seperti pada kasus lainnya. Berdasarkan bentuk kurva isodosis yang tampak pada layar monitor TPS, perencanaan mulai dari 3 lapangan cukup sesuai dengan bentuk target. DVH hasil perencanaan terdapat dalam Gambar 4.25.



**Gambar 4.25. Dose Volume Histogram (DVH) Perencanaan IMRT Kanker Tiroid TPS**

**Precise Plan.** (—) 3 Lapangan, (—□—) 5 Lapangan dan (—○—) 7 Lapangan

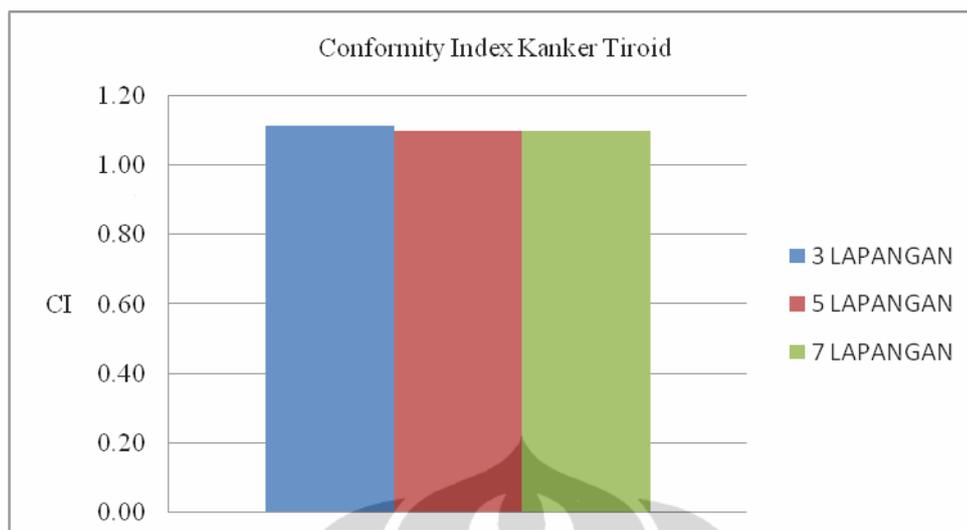
Evaluasi terhadap parameter yang sama juga dilakukan, yaitu *conformity index*, *homogeneity index* dan dosis pada organ beresiko.

Perencanaan IMRT pasien kanker tiroid ini menghasilkan nilai *conformity index* yang terdapat dalam Tabel 4.21.

**Tabel 4.21. Conformity Index Perencanaan IMRT Kanker Tiroid**

Jumlah Lapangan	$V_{PTV}$	$V_{95\%PTV}$	$V_{95\%N}$	$V_{95\%}$	CI
3	282.10	271.90	42.61	314.51	1.12
5	282.10	274.05	35.60	309.65	1.10
7	282.10	275.88	33.94	309.82	1.10

Dalam bentuk grafik ditunjukkan pada Gambar 4.26.



Grafik 4.26. *Conformity Index* Perencanaan IMRT Kanker Tiroid

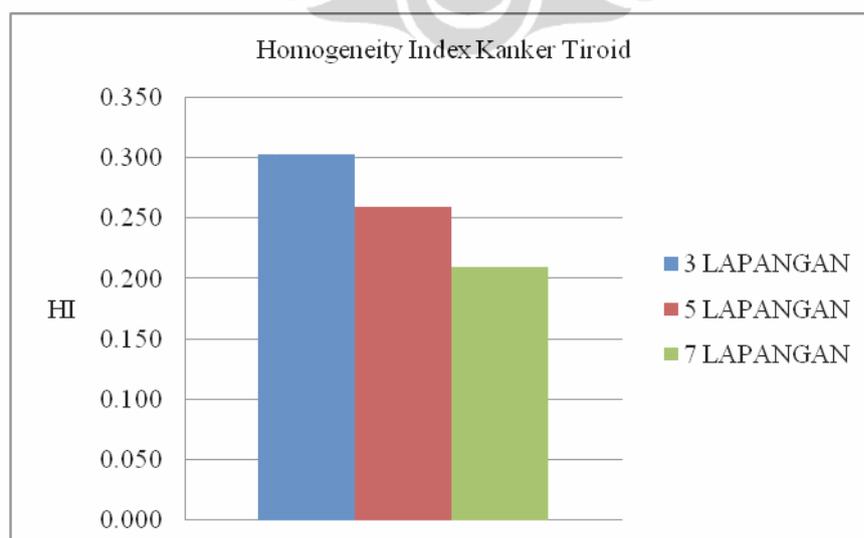
Gambar 4.26 menunjukkan bahwa nilai *conformity index* dengan jumlah lapangan yang berbeda diperoleh hasil dengan perbedaan yang tidak bermakna.

*Homogeneity index* yang dihasilkan pada perencanaan ini dapat dilihat pada Tabel 4.22.

Tabel 4.22. *Homogeneity Index* Perencanaan IMRT Kanker Tiroid

Jumlah Lapangan	D <sub>98%</sub>	D <sub>50%</sub>	D <sub>2%</sub>	HI
3	5490.50	6912.50	7584.00	0.30
5	5582.50	6814.50	7353.50	0.26
7	5700.00	6757.20	7248.00	0.21

Dalam bentuk grafik hasil *homogeneity index* ditampilkan pada Gambar 4.27.



Gambar 4.27. Grafik *Homogeneity Index* Perencanaan IMRT Kanker Tiroid

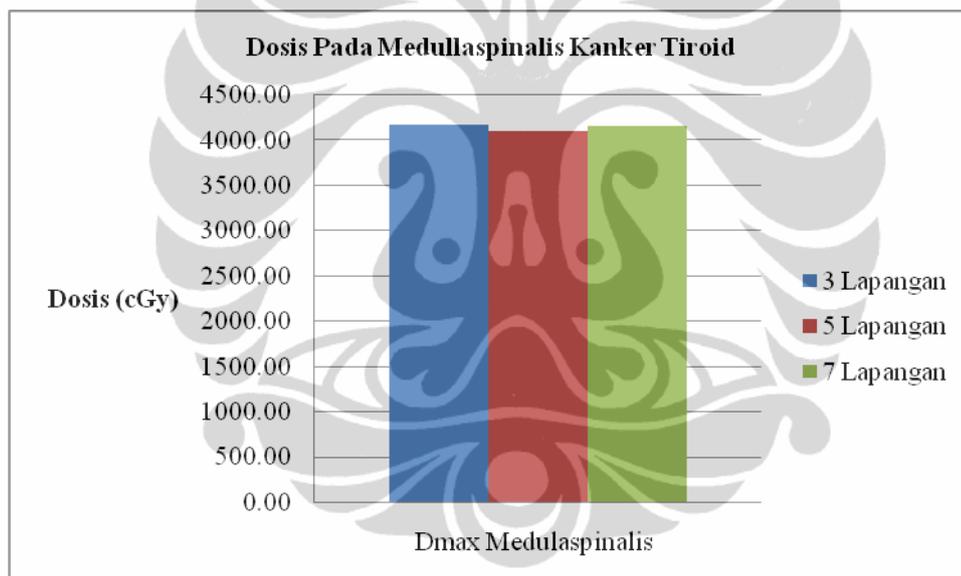
Pada penelitian ini nilai *homogeneity index* yang mendekati kriteria ICRU diperoleh pada perencanaan dengan 5 dan 7 lapangan.[9]

Organ beresiko yang dievaluasi pada kasus kanker tiroid dalam penelitian ini adalah medullaspinalis. Didapatkan hasil seperti dalam Tabel 4.23.

**Tabel 4.23. Dosis Maksimum pada Medullaspinalis Kanker Tiroid**

Jumlah Lapangan	Dmax Medulaspinalis (cGy)
3	4175.00
5	4097.00
7	4161.00

Dosis maksimum pada medullaspinalis yang dihasilkan masih dalam batas toleransi yang diperbolehkan, yaitu  $< 4600$  cGy. [13] Dalam bentuk grafik dapat dilihat dalam Gambar 4.27.



**Gambar 4.28. Grafik Dosis di Medullaspinalis Perencanaan Kanker Tiroid**

Perbedaan dosis maksimum di medullaspinalis dalam ke-3 perencanaan tidak terpaut jauh, namun nilai terendah terjadi pada perencanaan dengan 5 lapangan.

Prediksi nilai rasio terapi pada kasus ini yang terbesar akan diperoleh dalam perencanaan dengan 5 dan 7 lapangan. Dimana pada perencanaan dengan jumlah lapangan tersebut diperoleh nilai *homogeneity index* yang lebih baik dibandingkan dengan perencanaan dengan 3 lapangan, dan dosis pada organ beresiko diperoleh nilai yang lebih minimal.

Jumlah segmen, total MU, durasi terapi, dan waktu pengerjaan TPS perencanaan IMRT kanker tiroid terdapat dalam Tabel 4.24.

**Tabel 4.24. Jumlah Segmen, Total MU, Durasi Terapi, dan Waktu Pengerjaan TPS Perencanaan IMRT Kanker Tiroid**

Jumlah Lapangan	Jumlah Segmen	Total MU	Durasi Terapi (Menit)	Waktu Pengerjaan TPS (Jam)
3	82	882.2	28	8
5	63	651.6	25	10
7	136	1133	40	12

Dalam Tabel 4.24 dapat dilihat bahwa jumlah segmen, total MU, dan durasi terapi yang paling sedikit diperoleh pada perencanaan dengan 5 lapangan.

Dengan mempertimbangkan bahwa nilai *conformity index* didapatkan hasil yang tidak terlalu berbeda, sedangkan pada *homogeneity index* hasil yang mendekati kriteria ICRU adalah perencanaan dengan 5 dan 7 lapangan. Walaupun dosis di medullaspinalis didapatkan keseluruhan hasil masih dalam batas toleransi yang diperbolehkan, namun dosis terendah terjadi pada perencanaan dengan 5 lapangan. Maka jumlah lapangan radiasi optimal untuk perencanaan IMRT kanker tiroid adalah 5 lapangan diperkuat dengan waktu pengerjaan di TPS dan pesawat radiasi yang lebih singkat.

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada perencanaan IMRT kanker prostat, nilai *conformity index* dan *homogeneity index* yang rendah diperoleh pada perencanaan dengan 5 dan 7 lapangan. Dosis di buli-buli diperoleh hasil yang tidak memiliki perbedaan bermakna dengan variasi jumlah lapangan. Sedangkan dosis di rektum diperoleh dosis terendah pada perencanaan dengan 5 lapangan. Berdasarkan analisa ke-3 parameter tersebut dapat disimpulkan bahwa jumlah lapangan yang optimal pada perencanaan IMRT kanker prostat adalah 5 lapangan.
2. Untuk kanker nasofaring sebenarnya diperoleh hasil *conformity index*, *homogeneity index* dan dosis pada organ beresiko di sekitar target yang terendah pada perencanaan dengan 9 lapangan. Namun perencanaan dengan 7 lapangan hasilnya juga masih dalam nilai yang direkomendasikan ICRU. Maka dapat disimpulkan bahwa jumlah lapangan yang optimal pada perencanaan IMRT kanker nasofaring adalah 7 lapangan mengingat waktu pengerjaan di TPS dan pesawat penyinaran akan lebih efisien.
3. Kondisi yang sama dengan kanker nasofaring juga terjadi pada kasus tumor hipofise. Nilai *conformity index*, *homogeneity index*, dan dosis di organ beresiko di sekitar target yang terendah terjadi pada perencanaan dengan 9 lapangan. Namun pada perencanaan dengan 7 lapangan didapatkan hasil yang masih dalam batas rekomendasi ICRU. Sehingga disimpulkan jumlah lapangan yang optimal untuk kasus tumor hipofise adalah 7 lapangan.
4. Pada kanker tiroid didapatkan hasil *conformity index* yang tidak berbeda dengan variasi jumlah lapangan. Sementara nilai *homogeneity index* yang memenuhi rekomendasi ICRU terjadi pada perencanaan dengan 5 dan 7 lapangan. Namun dosis terendah di medullaspinalis terjadi pada perencanaan dengan 5 lapangan. Dengan demikian jumlah lapangan yang optimal untuk kanker tiroid adalah 5 lapangan.

## 5.2. Saran

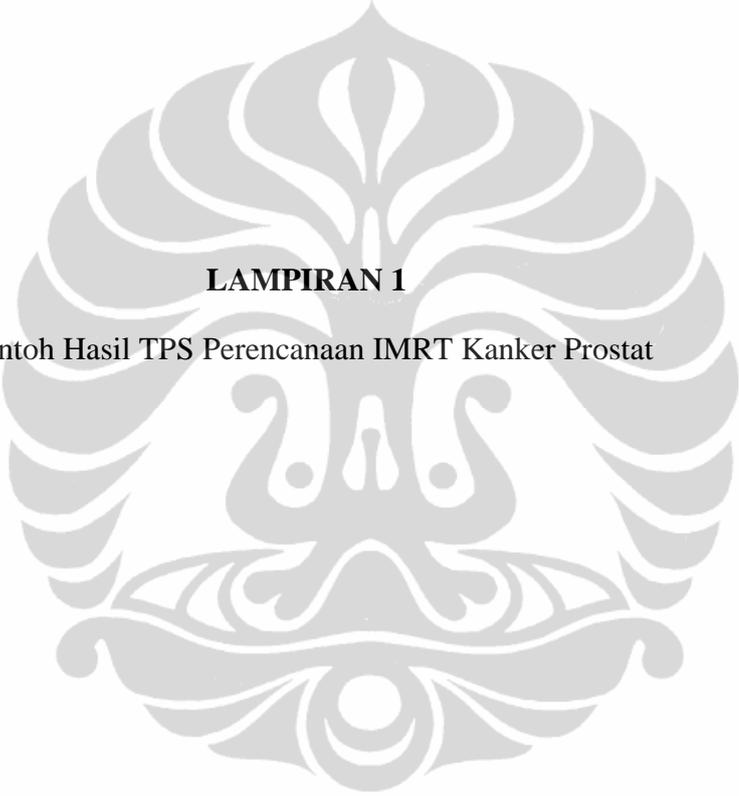
- Sebaiknya dilakukan penelitian lanjutan untuk kasus kanker yang lainnya, sehingga dapat memberikan acuan bagi pembuat perencanaan IMRT.
- Untuk kasus dengan jumlah pasien yang sedikit seperti tumor hipofise dan kanker tiroid untuk menguatkan hasil yang telah diperoleh, lebih baik lagi jika dilakukan penelitian lanjutan dengan jumlah pasien yang lebih banyak.
- Penelitian ini juga dapat dilanjutkan dengan penelitian mengenai verifikasi perencanaan IMRT sebagai bagian dari program *Quality Assurance*.



## DAFTAR REFERENSI

- [1]. Webb. S. *The physical basis of IMRT and inverse planning*. British Journal of Radiology. [British Institute of Radiology](#) doi: 10.1259/bjr/65676879 © 2003.
- [2]. Broderick Maria, Leech Michelle, Coffey Mary. *Direct aperture optimization as a means of reducing the complexity of intensity modulated radiation therapy plans*. <http://www.ro-journal.com/content/4/1/8>. [Radiation Oncology 2009](#), 4:8.
- [3]. Faiz M. Khan. *The Physics of Radition Therapy*. 3rd Edition, Lippincott william & wilkins, 2003.
- [4]. Marcus Lemke, Paghmon Mehran, Armand F. Djouguela O. *Application of the 2D-Array for Quality Assurance in Conformal and Intensity Modulated Radiation Therapy*.<http://www.student.unioldenburg.f.djouguela.Ouentcheu/academic/bachelorThesis-final4.doc>. 2003.
- [5]. KY Cheung, PhD. *Intensity modulated radiotherapy: advantages, limitations and future developments*, Biomedical Imaging and Intervention Journal, <http://www.bijj.org/2006/1/e19/default.asp>, 2006.
- [6]. Jacob Van Dyk. *The Modern Technology of Radiation Oncology, a Compedium for Medical Physicist and Radiation Oncologist*. Medical Physics Publishing, Madison, Wiconsin, 1999.
- [7]. MA Hunt and CM Burman. *Treatment Planning Consideration Using IMRT. A practical guide to intensity-modulated radiation therapy*. Medical Physics Publishing. <http://www.medicalphysics.org/apps/medicalphysicsedit/LingCh6.pdf>
- [8]. ICRU Report 62, *Prescribing, Recording and Reporting Photon Beam Therapy (Supplement to ICRU Reports 50)*, The International Commission on Radiation Units and Measurements, 1999.
- [9]. ICRU Report 83, *Prescribing, Recording and Reporting Photon Beam Intensity Modulated Radiation Therapy (IMRT)*, The International Commission on Radiation Units and Measurements, 2010.
- [10]. Alfred E. Chang, Patricia A. Ganz, et al, *Oncology: An Evidence-Based Approach*, Springer Science + Business Media, Inc, 2006.
- [11]. Anthony B. Wolbarst, Robert G. Zamenhof, William R. Hendee. *Advance in Medical Physics 2006*. Medical Physics Publishing, Madison, Wiconsin, 2006.

- [12]. RTOG 0126, *A Phase III Randomized Study of High Dose 3D-CRT/IMRT Versus Standard Dose 3D-CRT/IMRT in Patients Treated for Localized Prostate Cancer*, Radiation Therapy Oncology Group, 2007.
- [13]. RTOG 0225, *A Phase II Study of Intensity Modulated Radiation Therapy (IMRT) +/- Chemotherapy for Nasopharyngeal Cancer*, Radiation Therapy Oncology Group, 2005
- [14]. Broderick et al; *A feasibility study of using conventional jaws to deliver IMRT plan in the treatment of prostate cancer*. *Radiat Oncol*. Published online 2009 February 16. doi: 10.1186/1748-717X-4-8. licensee BioMed Central Ltd. [Copyright](#) © 2009.
- [15]. Samuel Hellman, M.D. *A Practical Guide To Intensity Modulated Radiation Therapy*. Medical Physics Publishing, Madison, Wisconsin, 2003.
- [16]. AAPM Report No. 82. Gary A Ezzell, James M. Galvin, Daniel Low, Jatinder R. Palta, Isaac Rosen, Michael B. Sharpe, Ping Xia, Ying Xiao, Lei Xing, Cedric X. Yu. *Guidance document on delivery, treatment planning, and clinical implementation of IMRT: Report of the IMRT subcommittee of the AAPM radiation therapy committee*, 2003.
- [17]. Peter Metcalfe, Tomas Kron, Peter Hoban. *The Physics of Radiotherapy X-Rays and Electrons*. Rev. Ed. Medical Physics Publishing, 1997.
- [18]. Jacob Van Dyk. *The Modern Technology of Radiation Oncology Volume 2*. Medical Physics Publishing, Madison, Wisconsin, 2005.
- [19]. Lynn J. Verhey , Ph .D, *Intensity Modulated Radiotherapy (IMRT) with ConventionalMLC's*, <http://www.aapm.org/meetings/99AM/pdf/2780-22797.pdf>
- [20]. E.B. Podgorsak. *Radiation Oncology Physics: A Handbook for Teachers and Students*. International Atomic Energy Agency (IAEA), Vienna, 2005.



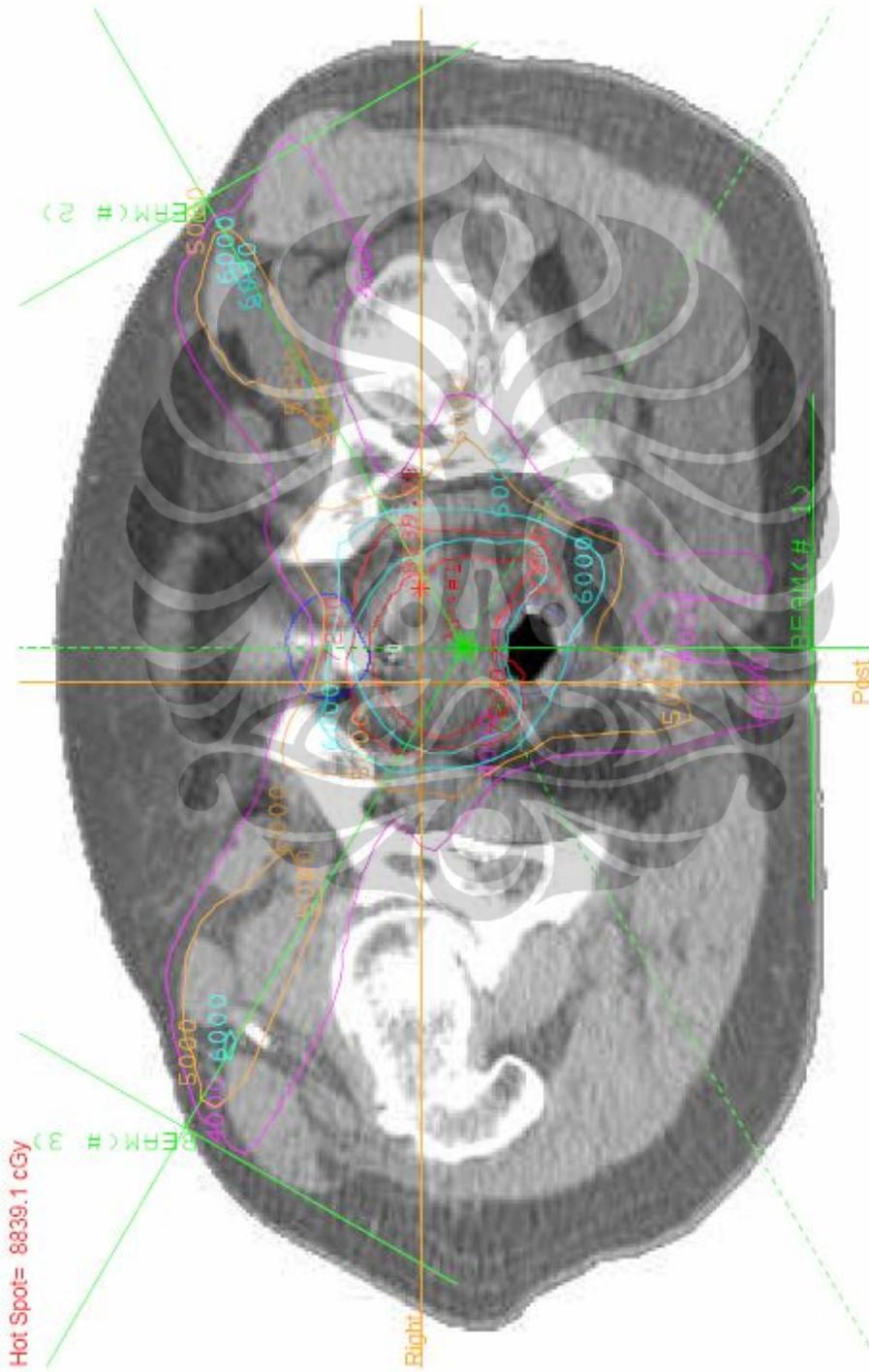
**LAMPIRAN 1**

Contoh Hasil TPS Perencanaan IMRT Kanker Prostat

Plan: 10	IMRT PROSTAT 3 LAPANGAN	Plan Date	01-JUN-2010 17:57
signature			

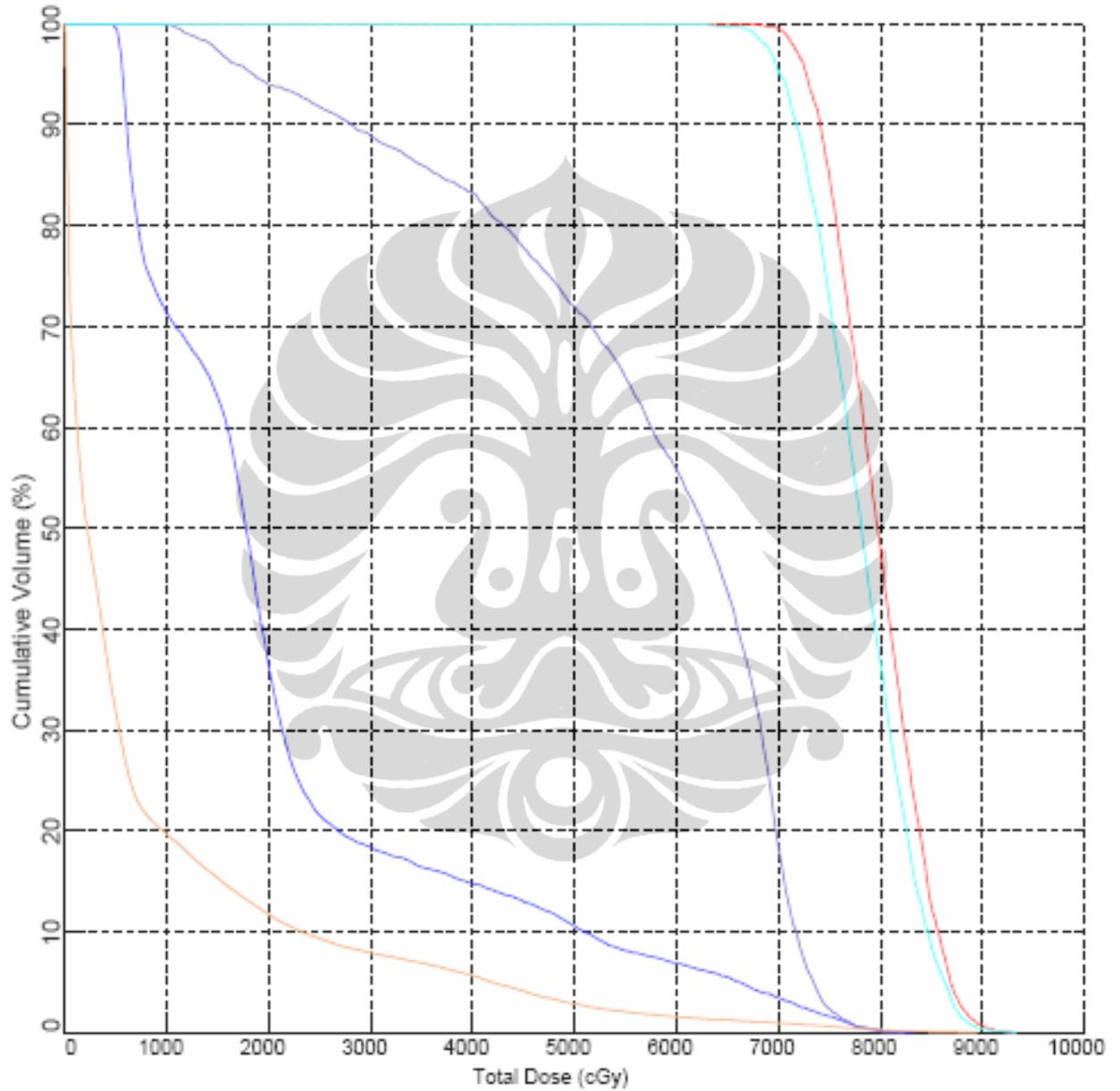
Transverse plane. Magnification= 0.56 Frame 1  
Center at X= -0.1cm Y= +0.7cm Z= +0.0cm; Matrix Spacing = 0.413cm  
There are 3 Active beams and 66 Segments in this plan

- 4000 cGy
- 5000 cGy
- 6000 cGy
- 7200 cGy
- GTV
- buli
- rectum
- PTV



Plan: 10	IMRT PROSTAT 3 LAPANGAN	Plan Date	02-JUN-2010 17:57
Signature			

Key	Structure (2500 pts LIVE)	Plan	Min Dose (cGy)	Max Dose (cGy)	Mean Dose (cGy)	Total Vol (cc)
—	GTV	Yusuf Supardi Tn 2 (10)	6747	9293	7976	79.2
—	buli	Yusuf Supardi Tn 2 (10)	446	8274	2177	262.2
—	rectum	Yusuf Supardi Tn 2 (10)	951	8174	5633	55.6
—	PTV	Yusuf Supardi Tn 2 (10)	5764	9309	7817	136.6
—	External	Yusuf Supardi Tn 2 (10)	0	8899	766	19587.9



Plan: 10	IMRT PROSTAT 3 LAPANGAN	Plan Date	01-JUN-2010 17:57
Signature			

### Beam Setup Notes

Patient Notes:	
Patient Setup	Patient Treated Head First
Prescription:	Fraction group 1 [FxGroup#1] MUs Prescribed directly for each beam.
Plan Summary:	There are 3 Active beams and 66 Segments in this plan
Fraction Groups:	Fraction group 1 [FxGroup#1] is delivered 36 times
Couch Positions:	Looking from the foot of the table towards the gantry, position patient such that lasers line up with patient marks. Lateral Couch Movements (RIGHT or LEFT) are to your RIGHT or LEFT. Longitudinal Couch Movements IN are towards the gantry, OUT are away from gantry.

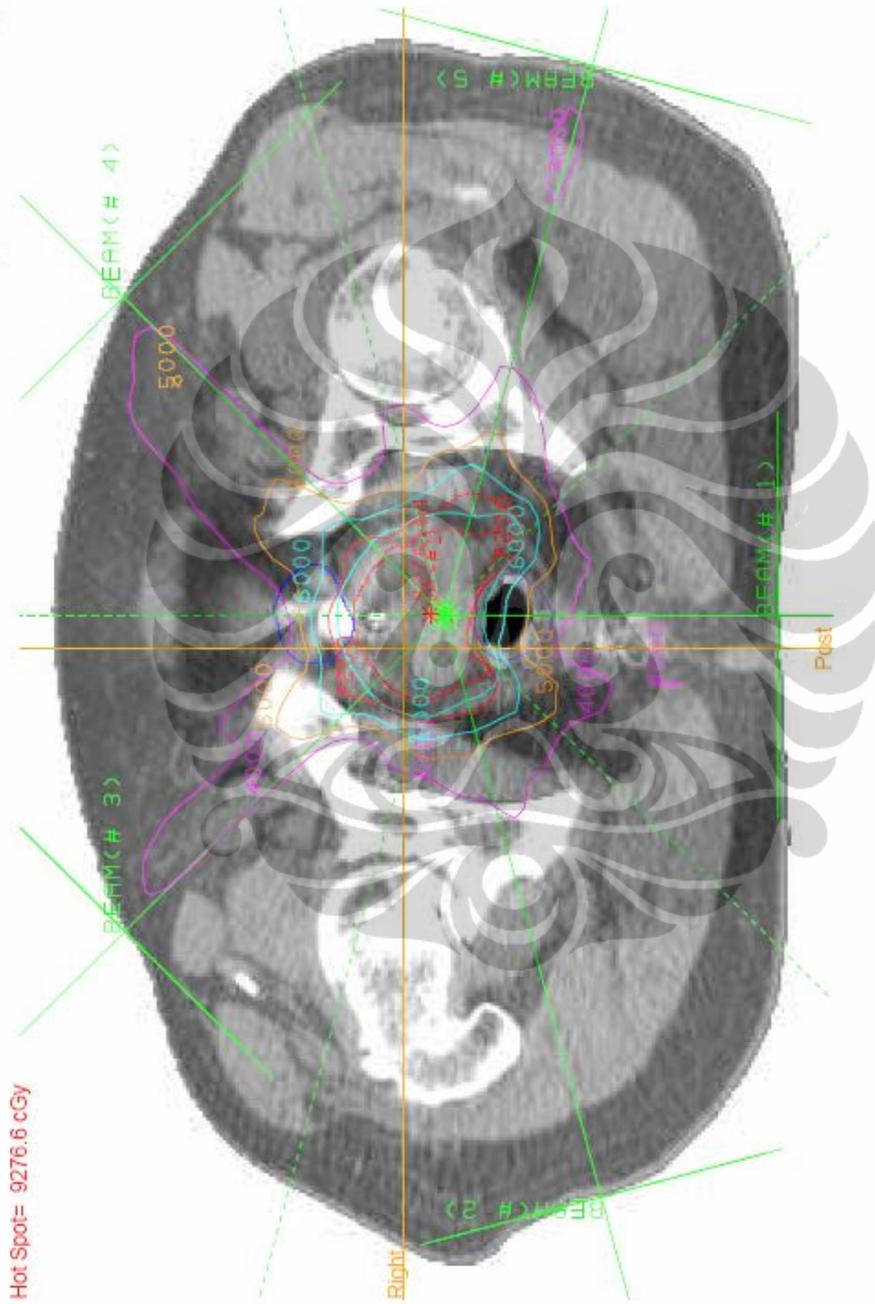
### Beam Setup Parameters

Beam:	Number	1	2	3
Name		pa	ax 60	ax 300
# Segments		25	22	19
Fraction: Group		1	1	1
Fractions		36	36	36
Machine: Name	Synergy RSCM			
Code		e1472	e1472	e1472
Beam: Type		complex	complex	complex
Energy		10 MV	10 MV	10 MV
SAD (cm)		100	100	100
SSD (cm)		90.1	85.4	84.3
Gantry: Angle (deg)		180.0	60.0	300.0
Collimator: Angle (deg)		280.0	5.0	0.0
Diaphragm Size:	Diaphragm Size			
Diaphragm @ SAD (cm)		UPPER 21.0	UPPER 21.0	UPPER 21.0
Diaphragm @ SAD (cm)		LOWER 16.0	LOWER 16.0	LOWER 16.0
Couch: Relative	Couch Offsets			
Angle (deg)		0.0	0.0	0.0
Lateral (cm)		1.0 LEFT	1.0 LEFT	1.0 LEFT
Height (cm)		1.2 UP	1.2 UP	1.2 UP
Long (cm)		0.0	0.0	0.0
Modifiers:	Modifiers			
Tray Factor		1.00000	1.00000	1.00000
MLC Present		Yes	Yes	Yes
Wedge: Name				
Angle				
Orientation				
	Beam MU/Fraction			
Wedge In MU		--	--	--
Wedge Out MU		216.1	281.2	162.8

Plan: 6	IMRT PROSTAT 5 LAPANGAN	Plan Date	26-MAR-2010 19:56
signature			

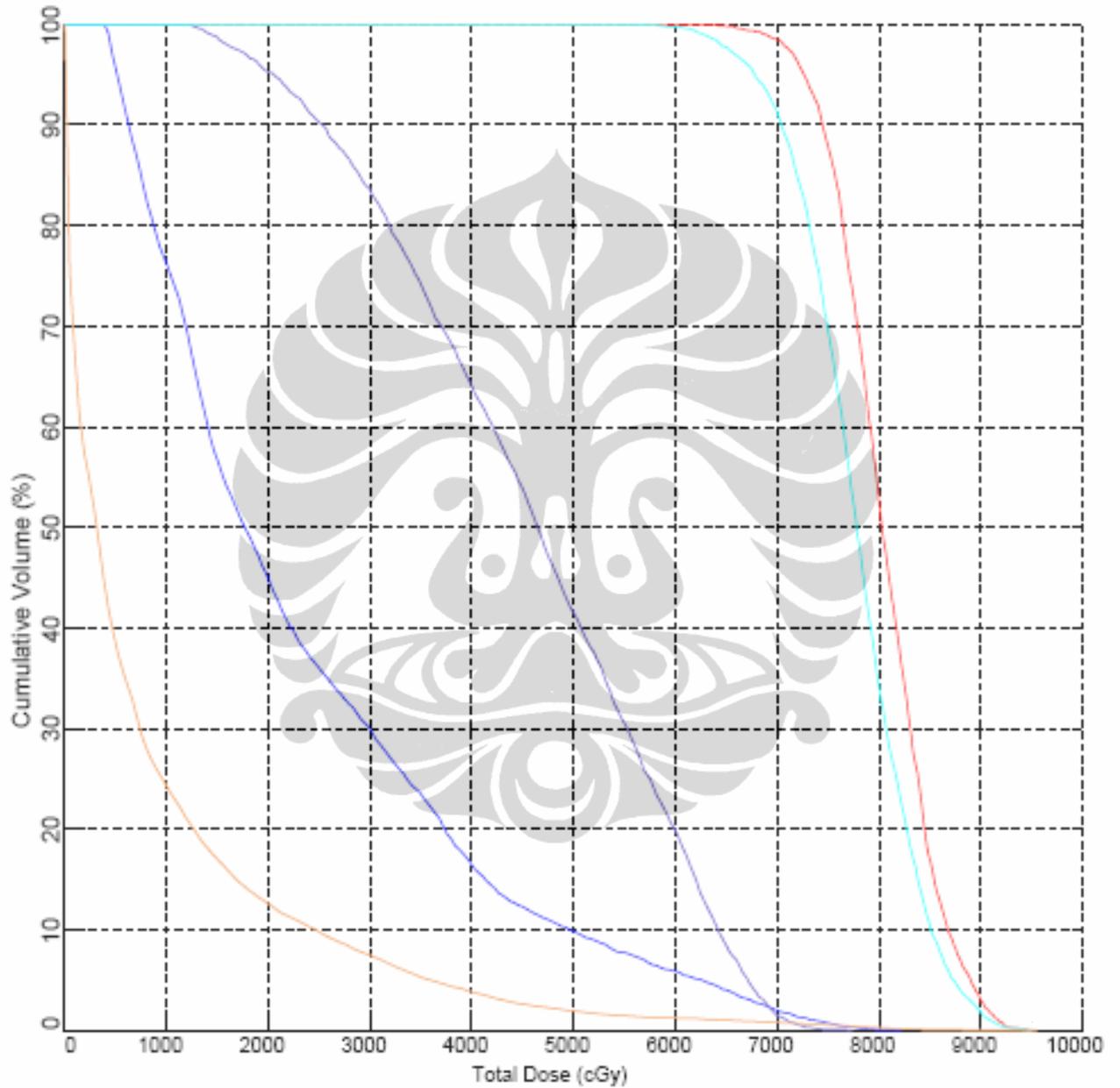
Transverse plane. Magnification= 0.56 Frame 1  
Center at X= -0.1cm Y= +0.7cm Z= +0.0cm; Matrix Spacing = 0.413cm  
There are 5 Active beams and 76 Segments in this plan

- 4000 cGy
- 5000 cGy
- 6000 cGy
- 7200 cGy
- GTV
- buli
- rectum
- PTV



Plan: 8	IMRT PROSTAT S LAPANGAN	Plan Date	26-MAR-2010 19:56
Signature			

Key	Structure (2500 pts LIVE)	Plan	Min Dose (cGy)	Max Dose (cGy)	Mean Dose (cGy)	Total Vol (cc)
—	GTV	Yusuf Supardi Tn 2 (08)	6334	9463	8050	79.2
—	buli	Yusuf Supardi Tn 2 (08)	398	8147	2355	262.2
—	rectum	Yusuf Supardi Tn 2 (08)	1204	7697	4556	55.6
—	PTV	Yusuf Supardi Tn 2 (08)	5680	9478	7777	136.6
—	External	Yusuf Supardi Tn 2 (08)	0	9460	816	19587.5



Plan: 8	IMRT PROSTAT 5 LAPANGAN	Plan Date	26-MAR-2010 19:56
Signature			

### Beam Setup Notes

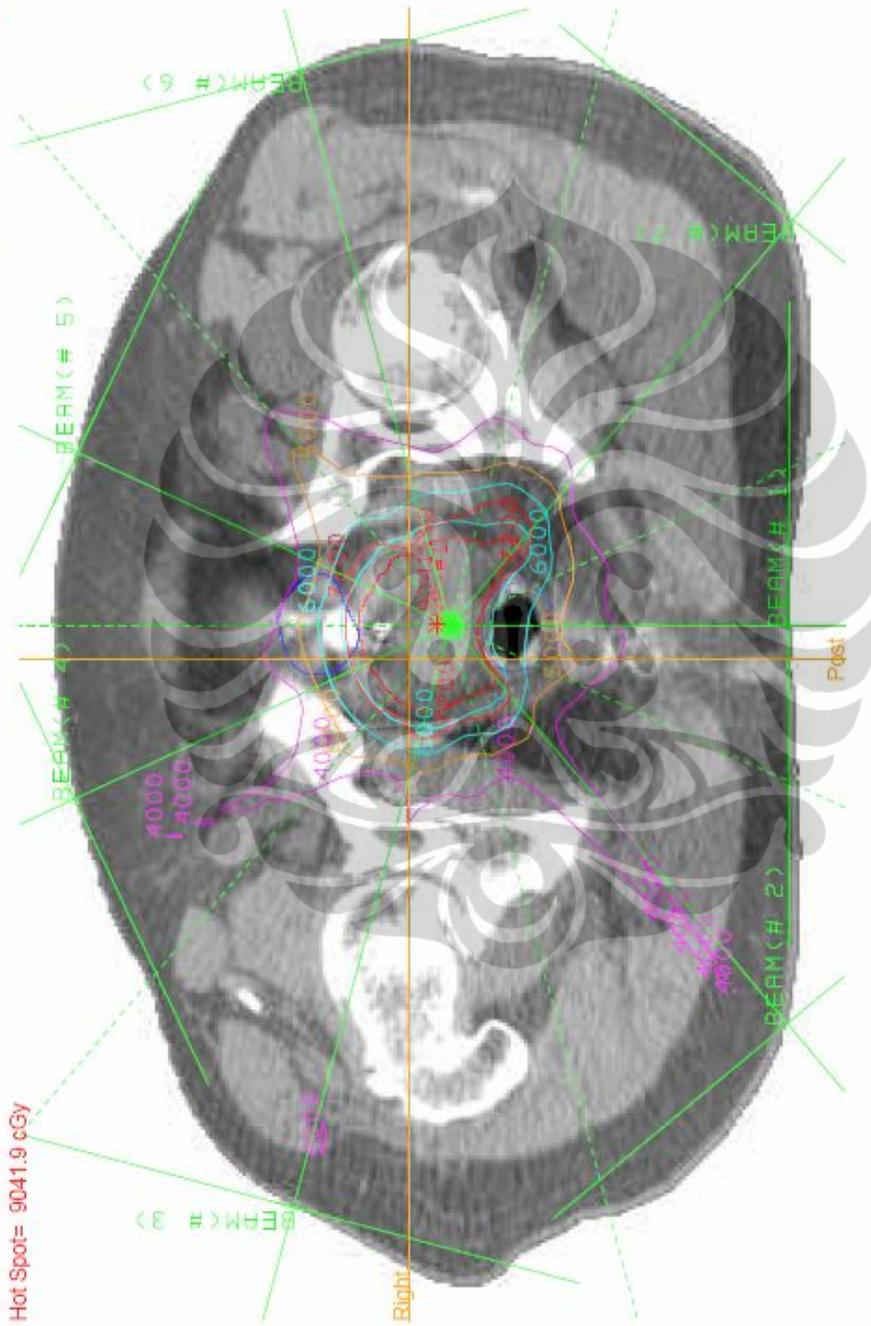
Patient Notes:	
Patient Setup	Patient Treated Head First
Prescription:	Fraction group 1 [FxGroup#1] MUs Prescribed directly for each beam.
Plan Summary:	There are 5 Active beams and 76 Segments in this plan
Fraction Groups:	Fraction group 1 [FxGroup#1] is delivered 36 times
Couch Positions:	Looking from the foot of the table towards the gantry, position patient such that lasers line up with patient marks. Lateral Couch Movements (RIGHT or LEFT) are to your RIGHT or LEFT. Longitudinal Couch Movements IN are towards the gantry, OUT are away from gantry.

### Beam Setup Parameters

Beam:	Number	1	2	3	4	5
Name	pa	ax 255	ax 315	ax 45	ax 105	
# Segments	16	14	13	22	11	
Fraction: Group	1	1	1	1	1	
Fractions	36	36	36	36	36	
Machine: Name	Synergy RSCM					
Code	e1472	e1472	e1472	e1472	e1472	
Beam: Type	complex	complex	complex	complex	complex	
Energy	10 MV	10 MV	10 MV	10 MV	10 MV	
SAD (cm)	100	100	100	100	100	
SSD (cm)	90.1	82.1	86.7	86.6	83.1	
Gantry: Angle (deg)	180.0	255.0	315.0	45.0	105.0	
Collimator: Angle (deg)	57.0	310.0	313.0	358.0	40.0	
Diaphragm Size:	Diaphragm Size					
Diaphragm @ SAD (cm)	UPPER 21.0	UPPER 21.0	UPPER 21.0	UPPER 21.0	UPPER 21.0	
Diaphragm @ SAD (cm)	LOWER 16.0	LOWER 16.0	LOWER 16.0	LOWER 16.0	LOWER 16.0	
Couch: Relative	Couch Offsets					
Angle (deg)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Lateral (cm)	1.0 LEFT	1.0 LEFT	1.0 LEFT	1.0 LEFT	1.0 LEFT	
Height (cm)	1.2 UP	1.2 UP	1.2 UP	1.2 UP	1.2 UP	
Long (cm)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Modifiers:	Modifiers					
Tray Factor	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	
MLC Present	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	
Wedge: Name						
Angle						
Orientation						
	Beam MU/Fraction					
Wedge In MU	--	--	--	--	--	
Wedge Out MU	196.9	134.6	205.8	234.7	160.1	

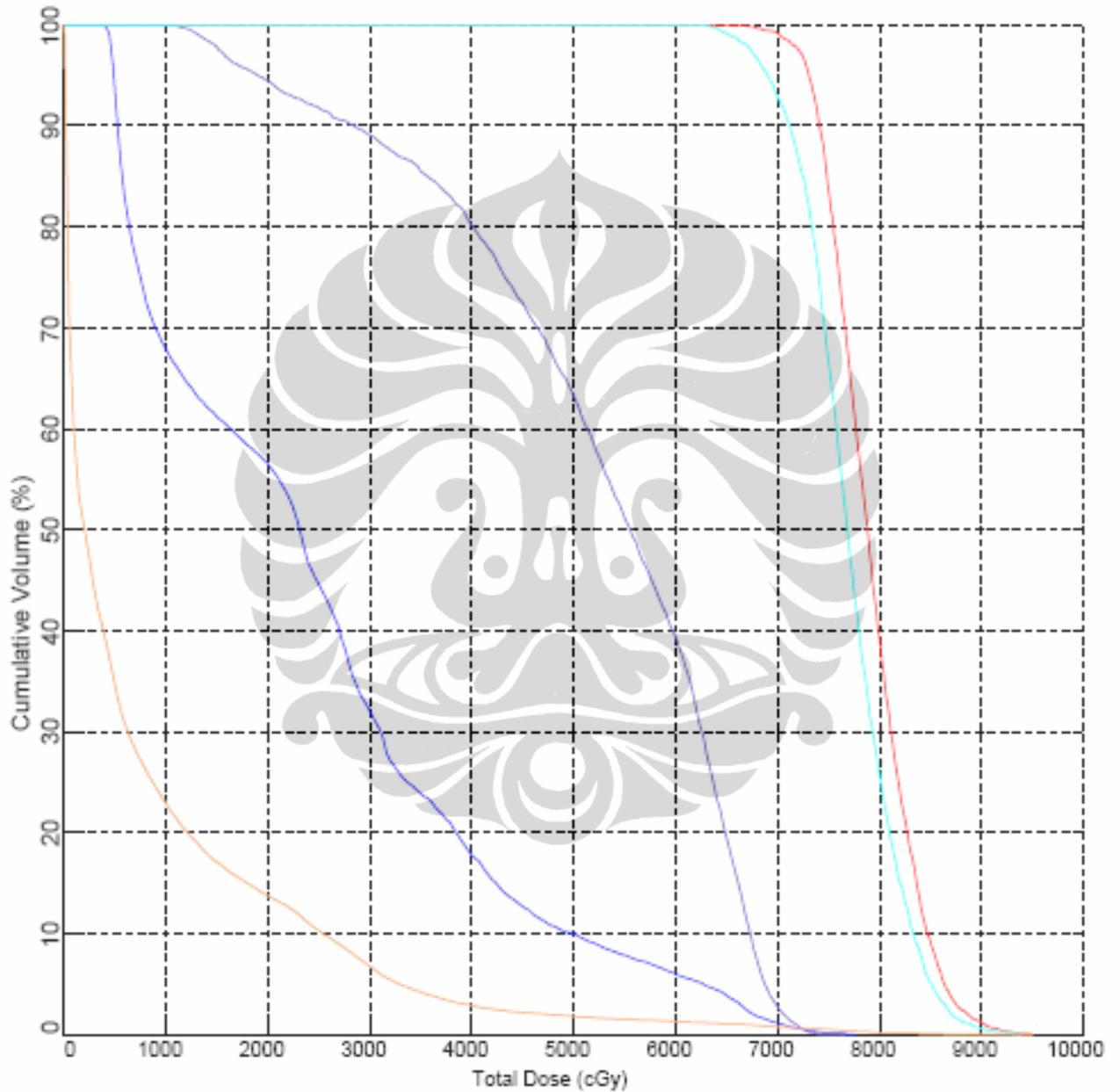
Transverse plane. Magnification= 0.56 Frame 1  
 Center at X= -0.1cm Y= +0.7cm Z= +0.0cm; Matrix Spacing = 0.413cm  
 There are 7 Active beams and 83 Segments in this plan

- 4000 cGy
- 5000 cGy
- 6000 cGy
- 7200 cGy
- GTV
- buli
- rectum
- PTV



Plan: 9	IMRT PROSTAT 7 LAPANGAN	Plan Date	24-APR-2010 11:27
Signature			

Key	Structure (2500 pts LIVE)	Plan	Min Dose (cGy)	Max Dose (cGy)	Mean Dose (cGy)	Total Vol (cc)
—	GTV	Yusuf Supardi Tn 2 (09)	6566	9470	7912	79.2
—	buli	Yusuf Supardi Tn 2 (09)	387	7707	2430	262.2
—	rectum	Yusuf Supardi Tn 2 (09)	1031	7622	5182	55.6
—	PTV	Yusuf Supardi Tn 2 (09)	6256	9360	7704	136.6
—	External	Yusuf Supardi Tn 2 (09)	0	9445	760	19587.9





**LAMPIRAN 2**

Contoh Hasil TPS Perencanaan IMRT Kanker Nasofaring

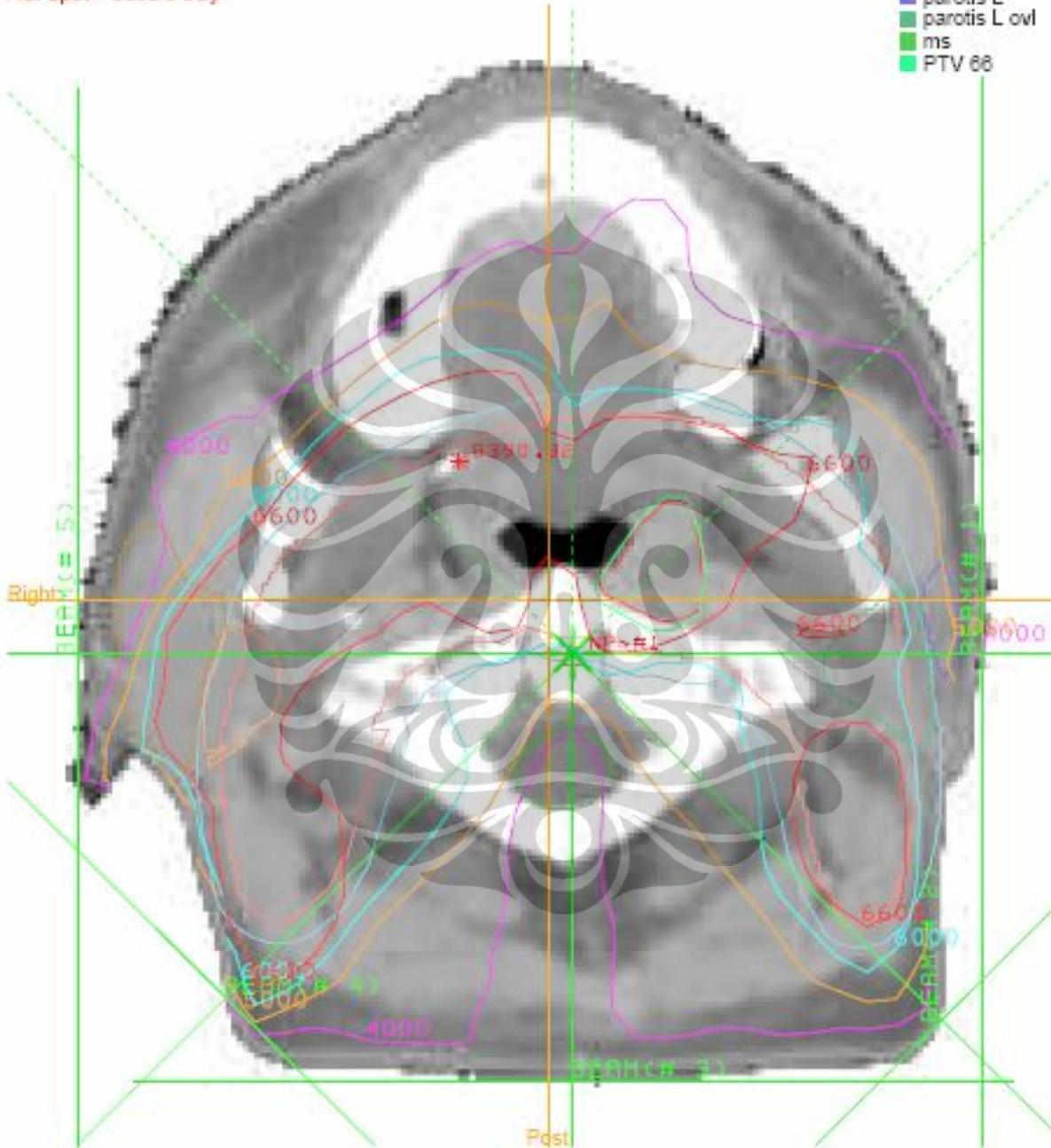
Plan: 17	KMF IMRT 5 LAP	Plan Date	31-OCT-2010 12:24
Signature			

Transverse plane. Magnification= 1.00 Frame 1  
Center at X= +0.2cm Y= -6.7cm Z= -2.0cm; Matrix Spacing = 0.491cm  
There are 5 Active beams and 106 Segments in this plan

- 4000 cGy
- 5000 cGy
- 6000 cGy
- 6600 cGy

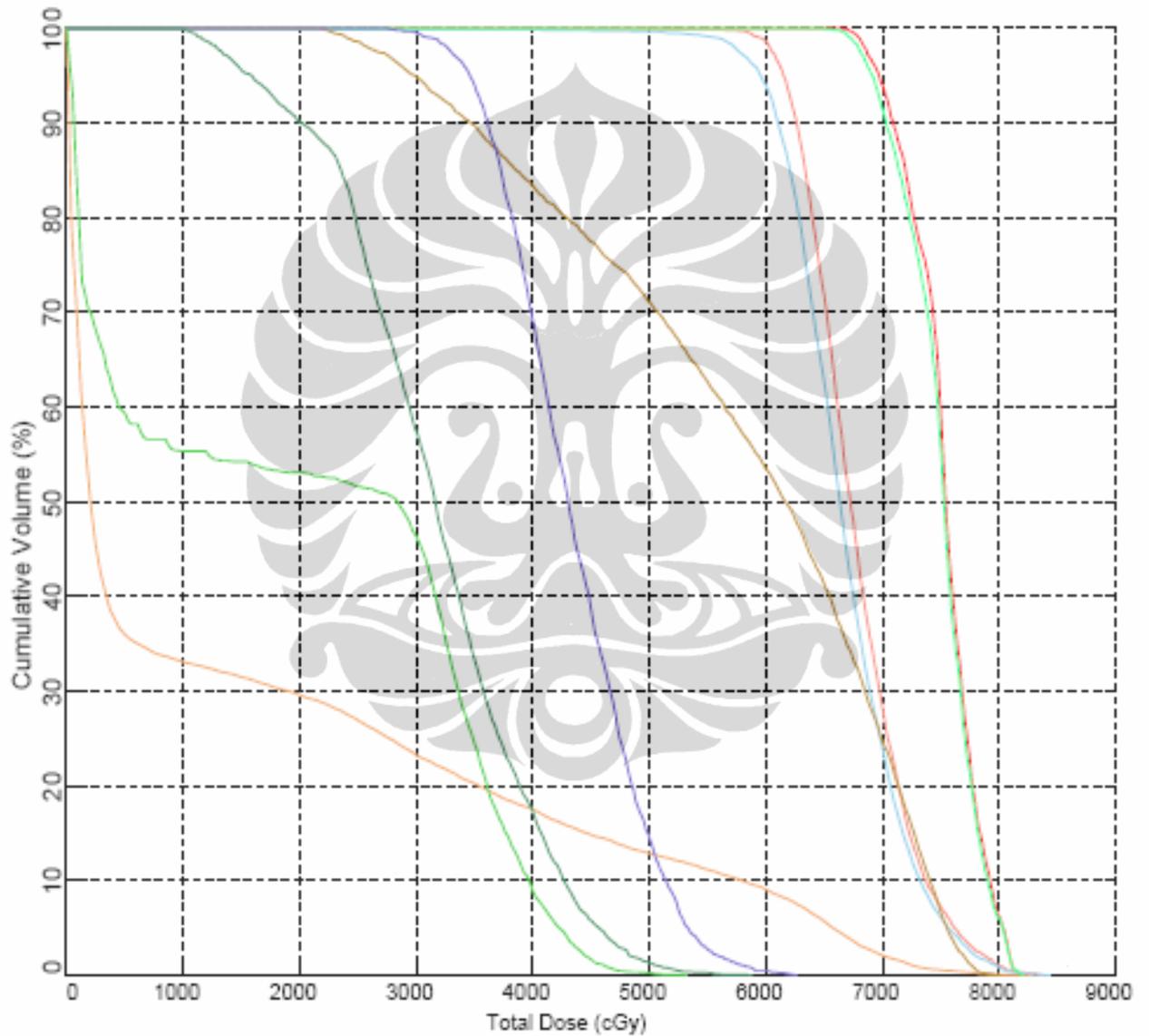
- GTV
- CTV
- PTV 60
- parotis R
- parotis R ovl
- parotis L
- parotis L ovl
- ms
- PTV 66

Hot Spot= 8390.9 cGy



Plan: 17	KMF IMRT S LAP	Plan Date	31-OCT-2010 12:24
Signature			

Key	Structure (2500 pts LIVE)	Plan	Min Dose (cGy)	Max Dose (cGy)	Mean Dose (cGy)	Total Vol (cc)
External	Bambang Suparto Tn	(17)	0	8224	1538	8796.0
GTV	Bambang Suparto Tn	(17)	6596	8216	7530	9.3
CTV	Bambang Suparto Tn	(17)	5060	8354	6773	524.2
PTV 60	Bambang Suparto Tn	(17)	0	8360	6668	694.6
PTV 66	Bambang Suparto Tn	(17)	6499	8198	7501	10.8
parotis R	Bambang Suparto Tn	(17)	2188	7958	5763	15.8
parotis L	Bambang Suparto Tn	(17)	2762	6231	4342	6.7
ns	Bambang Suparto Tn	(17)	0	5300	1980	18.3
brainstem	Bambang Suparto Tn	(17)	968	5838	3143	32.1



Plan: 17	RNF IMRT 5 LAP	Plan Date	31-OCT-2010 12:24
Signature			

### Beam Setup Notes

Patient Notes:	
Patient Setup	Patient Treated Head First
Prescription:	Fraction group 1 [FxGroup#1] MUs Prescribed directly for each beam.
Plan Summary:	There are 5 Active beams and 106 Segments in this plan
Fraction Groups:	Fraction group 1 [FxGroup#1] is delivered 33 times
Couch Positions:	Looking from the foot of the table towards the gantry, position patient such that lasers line up with patient marks. Lateral Couch Movements (RIGHT or LEFT) are to your RIGHT or LEFT. Longitudinal Couch Movements IN are towards the gantry, OUT are away from gantry.

### Beam Setup Parameters

Beam:	Number	1	2	3	4	5
Name		LAT 90	AX 135	PA	AX 225	LAT 270
# Segments		14	21	31	29	11
Fraction: Group		1	1	1	1	1
Fractions		33	33	33	33	33
Machine: Name		Synergy RSCM				
Code		e1472	e1472	e1472	e1472	e1472
Beam: Type		complex	complex	complex	complex	complex
Energy		6 MV	6 MV	6 MV	6 MV	6 MV
SAD (cm)		100	100	100	100	100
SSD (cm)		93.1	91.2	92.7	91.7	91.7
Gantry: Angle (deg)		90.0	135.0	180.0	225.0	270.0
Collimator: Angle (deg)		0.0	5.0	275.0	80.0	355.0
Diaphragm Size:		Diaphragm Size				
Diaphragm @ SAD (cm)		UPPER 21.0	UPPER 21.0	UPPER 21.0	UPPER 21.0	UPPER 21.0
Diaphragm @ SAD (cm)		LOWER 16.0	LOWER 16.0	LOWER 16.0	LOWER 16.0	LOWER 16.0
Couch: Relative		Couch Offsets				
Angle (deg)		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Lateral (cm)		0.4 LEFT	0.4 LEFT	0.4 LEFT	0.4 LEFT	0.4 LEFT
Height (cm)		0.9 UP	0.9 UP	0.9 UP	0.9 UP	0.9 UP
Long (cm)		2.0 OUT	2.0 OUT	2.0 OUT	2.0 OUT	2.0 OUT
Modifiers:		Modifiers				
Tray Factor		1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000
MLC Present		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Wedge: Name						
Angle						
Orientation						
		Beam MU/Fraction				
Wedge In MU		--	--	--	--	--
Wedge Out MU		77.8	149.8	239.6	197.5	52.6

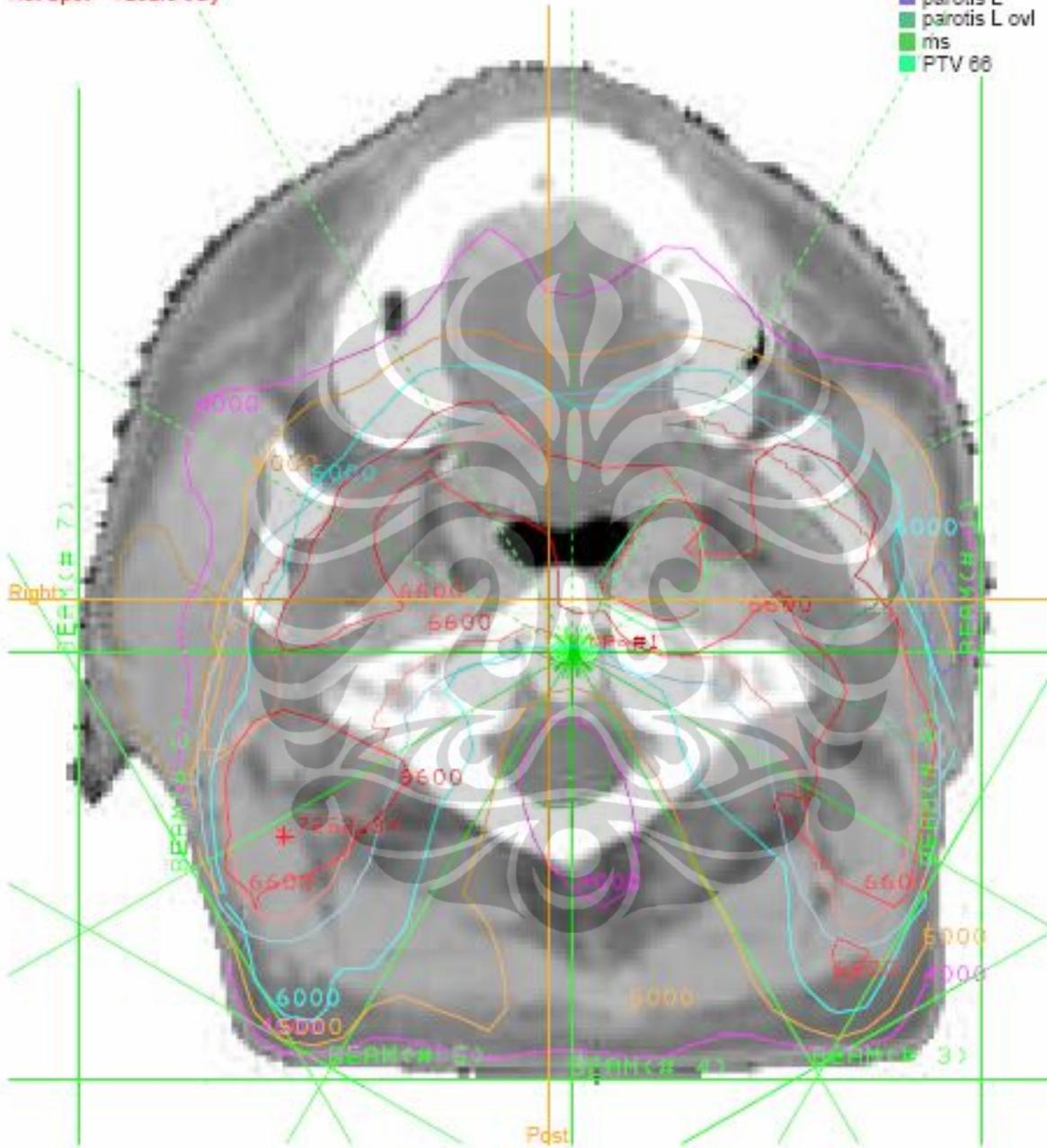
Plan: 15	KMF IMRT 7 LAP	Plan Date	17-OCT-2010 16:57
Signature			

Transverse plane. Magnification= 1.00 Frame 1  
Center at X= +0.2cm Y= -6.7cm Z= -2.0cm; Matrix Spacing = 0.491cm  
There are 7 Active beams and 133 Segments in this plan

- 4000 cGy
- 5000 cGy
- 6000 cGy
- 6600 cGy

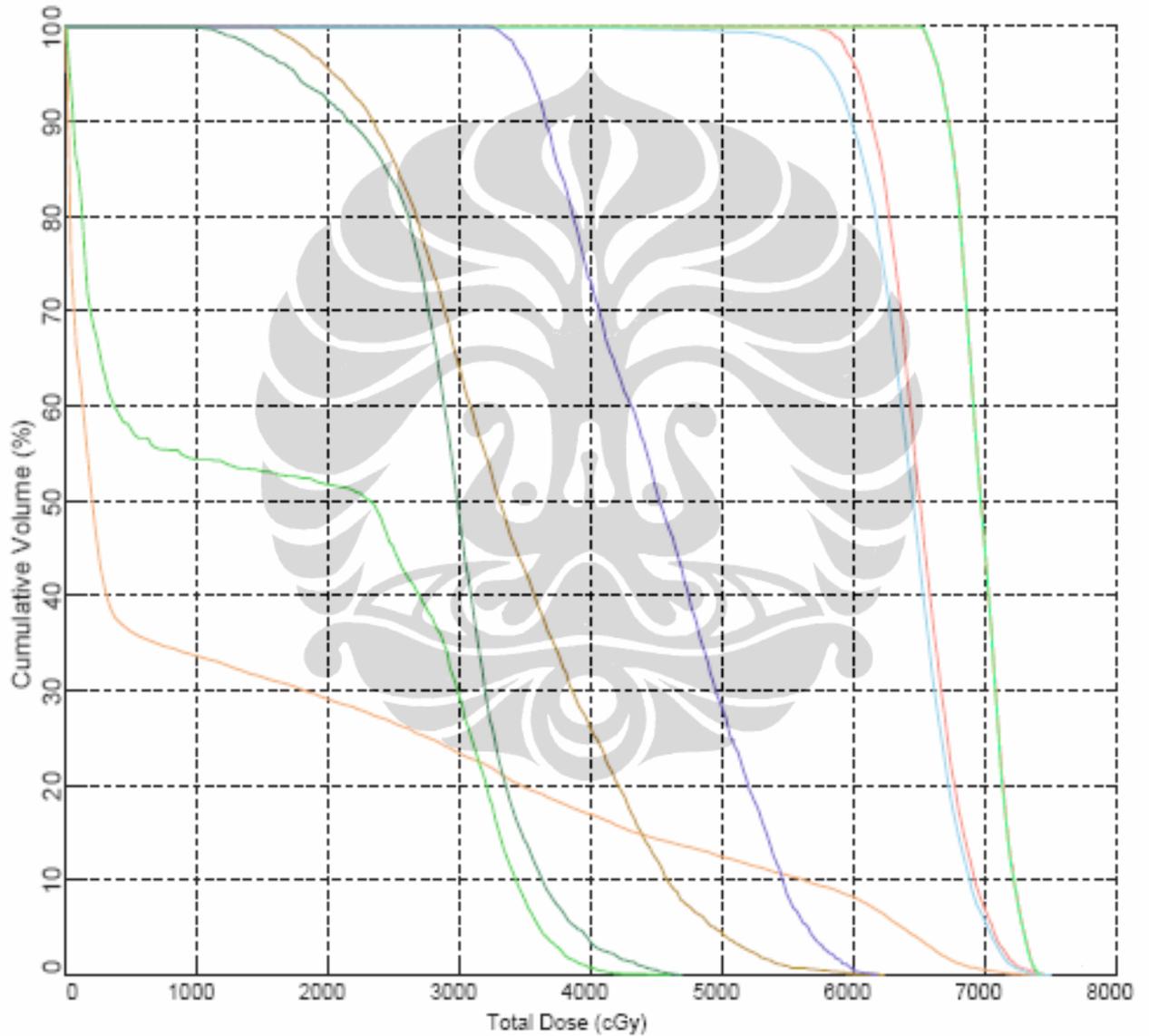
- GTV
- CTV
- PTV 60
- parotis R
- parotis R ovl
- parotis L
- parotis L ovl
- ms
- PTV 66

Hot Spot= 7252.3 cGy



Plan: 15	KMF IMRT 7 LAP	Plan Date	27-OCT-2010 16:57
Signature			

Key	Structure (2500 pts LIVE)	Plan	Min Dose (cGy)	Max Dose (cGy)	Mean Dose (cGy)	Total Vol (cc)
External	Bambang Suparto Tn	(15)	0	7385	1488	8796.0
GTV	Bambang Suparto Tn	(15)	6493	7432	6968	9.3
CTV	Bambang Suparto Tn	(15)	5287	7453	6516	524.2
PTV 60	Bambang Suparto Tn	(15)	0	7456	6421	694.6
PTV 66	Bambang Suparto Tn	(15)	6504	7413	6966	10.8
parotis R	Bambang Suparto Tn	(15)	1542	6200	3402	15.8
parotis L	Bambang Suparto Tn	(15)	3194	6155	4536	6.7
ms	Bambang Suparto Tn	(15)	0	4567	1703	18.3
brainstem	Bambang Suparto Tn	(15)	930	4664	2941	32.1



Plan: 15	KMF IMRT 7 LAP	Plan Date	17-OCT-2010 16:57
Signature			

### Beam Setup Notes

Patient Notes:	
Patient Setup	Patient Treated Head First
Prescription:	Fraction group 1 [FxGroup#1] MUs Prescribed directly for each beam.
Plan Summary:	There are 7 Active beams and 133 Segments in this plan
Fraction Groups:	Fraction group 1 [FxGroup#1] is delivered 33 times
Couch Positions:	Looking from the foot of the table towards the gantry, position patient such that lasers line up with patient marks. Lateral Couch Movements (RIGHT or LEFT) are to your RIGHT or LEFT. Longitudinal Couch Movements IN are towards the gantry, OUT are away from gantry.

### Beam Setup Parameters

Beam:	Number	1	2	3	4	5	6
Name		LAT 90	AX 120	AX 150	FA	AX 210	AX 240
# Segments		8	19	26	25	21	20
Fraction:	Group	1	1	1	1	1	1
	Fractions	33	33	33	33	33	33
Machine:	Name	Synergy RSCM					
	Code	e1472	e1472	e1472	e1472	e1472	e1472
Beam:	Type	complex	complex	complex	complex	complex	complex
	Energy	6 MV	6 MV	6 MV	6 MV	6 MV	6 MV
	SAD (cm)	100	100	100	100	100	100
	SSD (cm)	93.1	92.8	91.8	92.7	91.8	92.6
Gantry:	Angle (deg)	90.0	120.0	150.0	180.0	210.0	240.0
Collimator:	Angle (deg)	0.0	10.0	290.0	355.0	5.0	350.0
Diaphragm Size:		Diaphragm Size					
Diaphragm @ SAD (cm)		UPPER 21.0	UPPER 21.0	UPPER 21.0	UPPER 21.0	UPPER 21.0	UPPER 21.0
Diaphragm @ SAD (cm)		LOWER 16.0	LOWER 16.0	LOWER 16.0	LOWER 16.0	LOWER 16.0	LOWER 16.0
Couch: Relative		Couch Offsets					
	Angle (deg)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Lateral (cm)	0.4 LEFT	0.4 LEFT	0.4 LEFT	0.4 LEFT	0.4 LEFT	0.4 LEFT
	Height (cm)	0.9 UP	0.9 UP	0.9 UP	0.9 UP	0.9 UP	0.9 UP
	Long (cm)	2.0 OUT	2.0 OUT	2.0 OUT	2.0 OUT	2.0 OUT	2.0 OUT
Modifiers:		Modifiers					
	Tray Factor	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000
	MLC Present	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Wedge:	Name						
	Angle						
	Orientation						
		Beam MU/Fraction					
Wedge In MU		--	--	--	--	--	--
Wedge Out MU		40.9	80.0	163.3	146.8	147.7	92.9

### Beam Setup Parameters

Beam: Number	7
Name	LAT 270
# Segments	14
Fraction: Group	1
Fractions	33
Machine: Name	Synergy RSCM
Code	e1472
Beam: Type	complex
Energy	6 MV
SAD (cm)	100
SSD (cm)	91.7
Gantry: Angle (deg)	270.0
Collimator: Angle (deg)	355.0
Diaphragm Size:	Diaphragm Size
Diaphragm @ SAD (cm)	UPPER 21.0
Diaphragm @ SAD (cm)	LOWER 16.0
Couch: Relative	Couch Offsets
Angle (deg)	0.0
Lateral (cm)	0.4 LEFT
Height (cm)	0.9 UP
Long (cm)	2.0 OUT
Modifiers:	Modifiers
Tray Factor	1.00000
MLC Present	Yes
Wedge: Name	
Angle	
Orientation	
	Beam MU/Fraction
Wedge In MU	--
Wedge Out MU	94.8

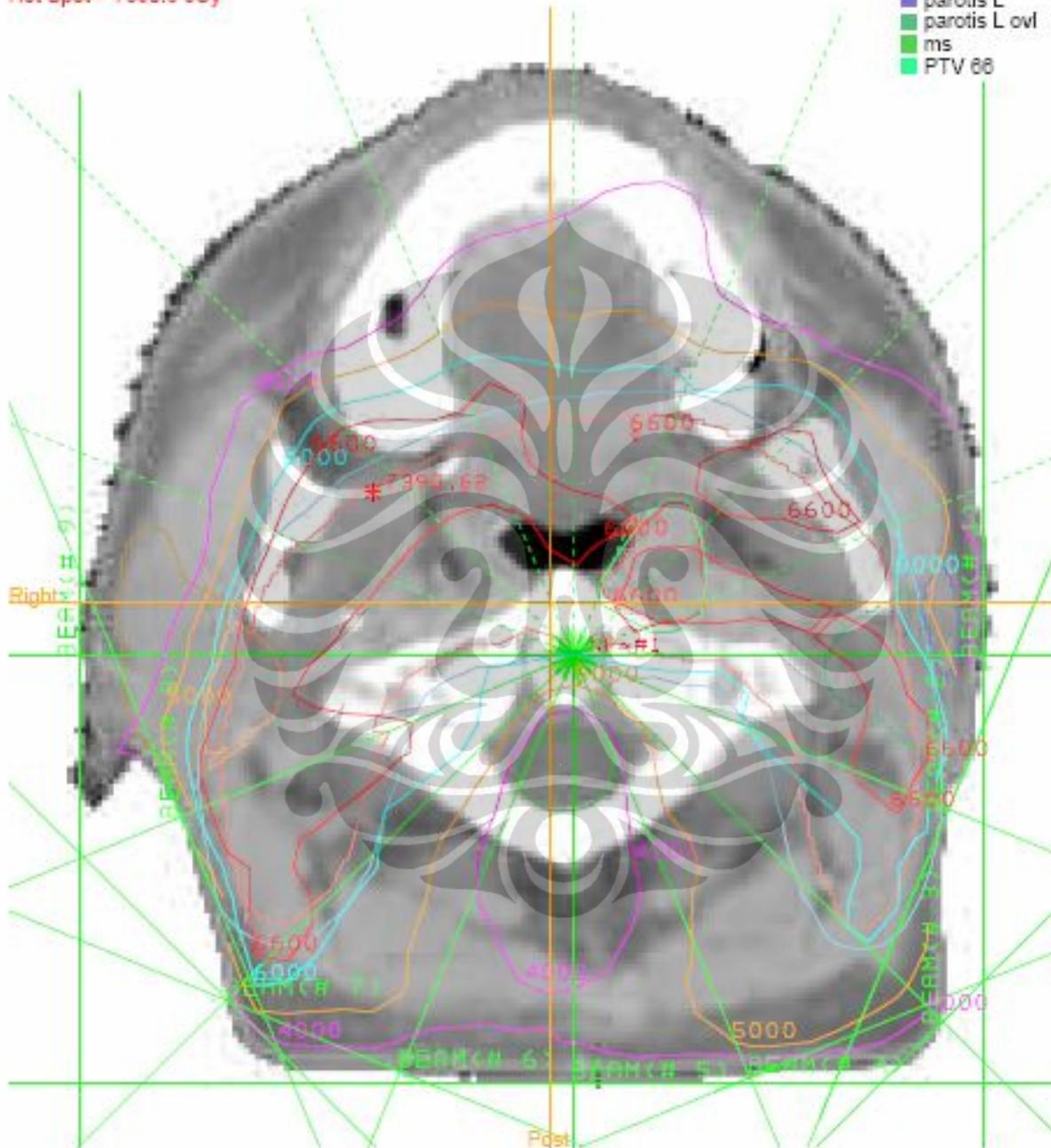
Plan: 16	KMF IMRT 9 LAP	Plan Date	24-OCT-2010 17:23
Signature			

Transverse plane. Magnification= 1.00 Frame 1  
Center at X= +0.2cm Y= -6.7cm Z= -2.0cm; Matrix Spacing = 0.491cm  
There are 9 Active beams and 133 Segments in this plan

- 4000 cGy
- 5000 cGy
- 6000 cGy
- 6600 cGy

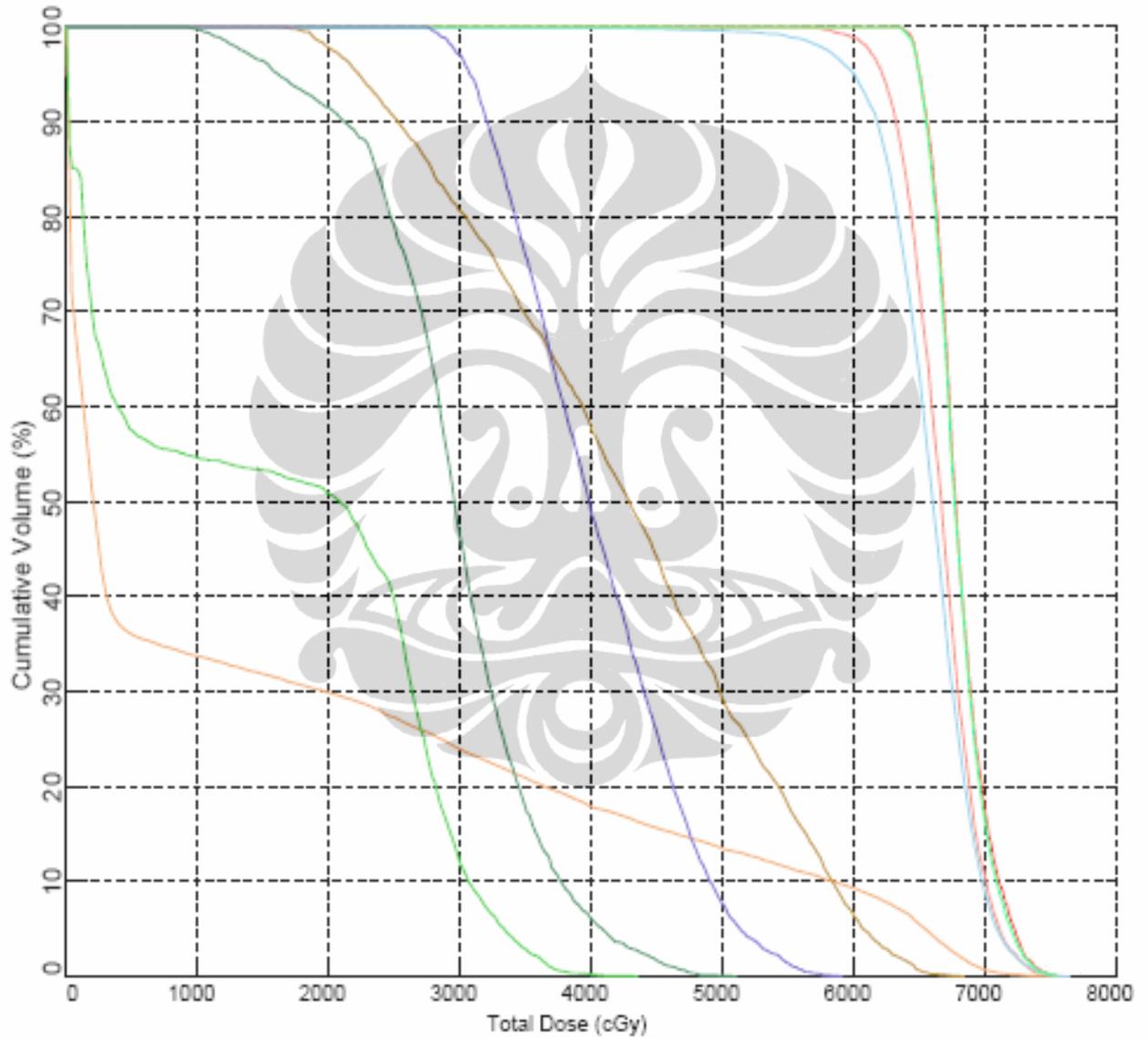
- GTV
- CTV
- PTV 80
- parotis R
- parotis R ovl
- parotis L
- parotis L ovl
- ms
- PTV 88

Hot Spot= 7390.6 cGy



Plan: 16	RNF IMRT 9 LAP	Plan Date	24-OCT-2010 17:23
Signature			

Key	Structure (2500 pts LIVE)	Plan	Min Dose (cGy)	Max Dose (cGy)	Mean Dose (cGy)	Total Vol (cc)
External	Banbang Suparto Tn	(16)	0	7573	1545	8796.0
GTV	Banbang Suparto Tn	(16)	6347	7548	6805	9.3
CTV	Banbang Suparto Tn	(16)	5605	7537	6658	524.2
PTV 60	Banbang Suparto Tn	(16)	0	7577	6568	694.6
PTV 66	Banbang Suparto Tn	(16)	6350	7542	6796	10.8
parotis R	Banbang Suparto Tn	(16)	1615	6792	4226	15.8
parotis L	Banbang Suparto Tn	(16)	2755	5876	4030	6.7
ms	Banbang Suparto Tn	(16)	0	4310	1547	18.3
brainstem	Banbang Suparto Tn	(16)	894	5069	2945	32.1



Plan: 16	KMF IMRT 9 LAP	Plan Date	24-OCT-2010 17:13
Signature			

#### Beam Setup Notes

Patient Notes:	
Patient Setup	Patient Treated Head First
Prescription:	Fraction group 1 [FxGroup#1] MUs Prescribed directly for each beam.
Plan Summary:	There are 9 Active beams and 133 Segments in this plan
Fraction Groups:	Fraction group 1 [FxGroup#1] is delivered 33 times
Couch Positions:	Looking from the foot of the table towards the gantry, position patient such that lasers line up with patient marks. Lateral Couch Movements (RIGHT or LEFT) are to your RIGHT or LEFT. Longitudinal Couch Movements IN are towards the gantry, OUT are away from gantry.

#### Beam Setup Parameters

Beam:	Number	1	2	3	4	5	6
Name		LAT 90	AX 112.5	AX 135	AX 157.5	PA	AX 202.5
# Segments		8	16	12	15	17	24
Fraction: Group		1	1	1	1	1	1
Fractions		33	33	33	33	33	33
Machine: Name	Synergy RSCM						
Code		e1472	e1472	e1472	e1472	e1472	e1472
Beam: Type		complex	complex	complex	complex	complex	complex
Energy		6 MV					
SAD (cm)		100	100	100	100	100	100
SSD (cm)		93.1	93.2	91.2	92.2	92.7	92.4
Gantry: Angle (deg)		90.0	112.5	135.0	157.5	180.0	202.5
Collimator: Angle (deg)		5.0	310.0	355.0	5.0	355.0	355.0
Diaphragm Size:	Diaphragm Size						
Diaphragm @ SAD (cm)		UPPER 21.0					
Diaphragm @ SAD (cm)		LOWER 16.0					
Couch: Relative	Couch Offsets						
Angle (deg)		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Lateral (cm)		0.4 LEFT					
Height (cm)		0.9 UP					
Long (cm)		2.0 OUT					
Modifiers:	Modifiers						
Tray Factor		1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000
MLC Present		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Wedge: Name							
Angle							
Orientation							
	Beam MU/Fraction						
Wedge In MU		--	--	--	--	--	--
Wedge Out MU		43.6	74.4	52.9	101.9	87.8	121.9

### Beam Setup Parameters

Beam:	Number	7	8	9
	Name	AX 225	AX 247.5	LAT 270
	# Segments	21	11	9
Fraction:	Group	1	1	1
	Fractions	33	33	33
Machine:	Name	Synergy RSCM		
	Code	e1472	e1472	e1472
Beam:	Type	complex	complex	complex
	Energy	6 MV	6 MV	6 MV
	SAD (cm)	100	100	100
	SSD (cm)	91.7	92.8	91.7
Gantry:	Angle (deg)	225.0	247.5	270.0
Collimator:	Angle (deg)	65.0	350.0	5.0
Diaphragm Size:		Diaphragm Size		
	Diaphragm @ SAD (cm)	UPPER 21.0	UPPER 21.0	UPPER 21.0
	Diaphragm @ SAD (cm)	LOWER 16.0	LOWER 16.0	LOWER 16.0
Couch: Relative		Couch Offsets		
	Angle (deg)	0.0	0.0	0.0
	Lateral (cm)	0.4 LEFT	0.4 LEFT	0.4 LEFT
	Height (cm)	0.9 UP	0.9 UP	0.9 UP
	Long (cm)	2.0 OUT	2.0 OUT	2.0 OUT
Modifiers:		Modifiers		
	Tray Factor	1.00000	1.00000	1.00000
	MLC Present	Yes	Yes	Yes
Wedge:	Name			
	Angle			
	Orientation			
		Beam MU/Fraction		
	Wedge In MU	--	--	--
	Wedge Out MU	95.7	56.1	55.5

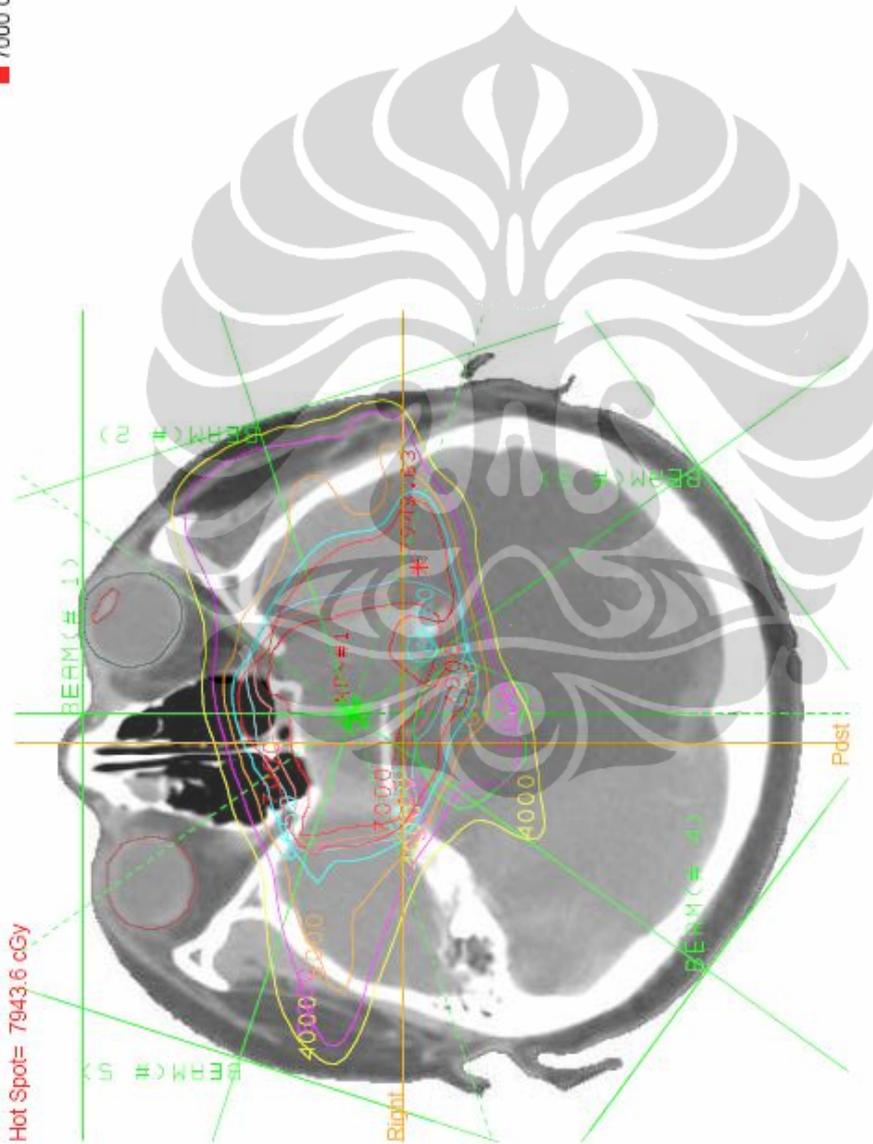


**LAMPIRAN 3**  
Contoh Hasil TPS Perencanaan IMRT Tumor Hipofise



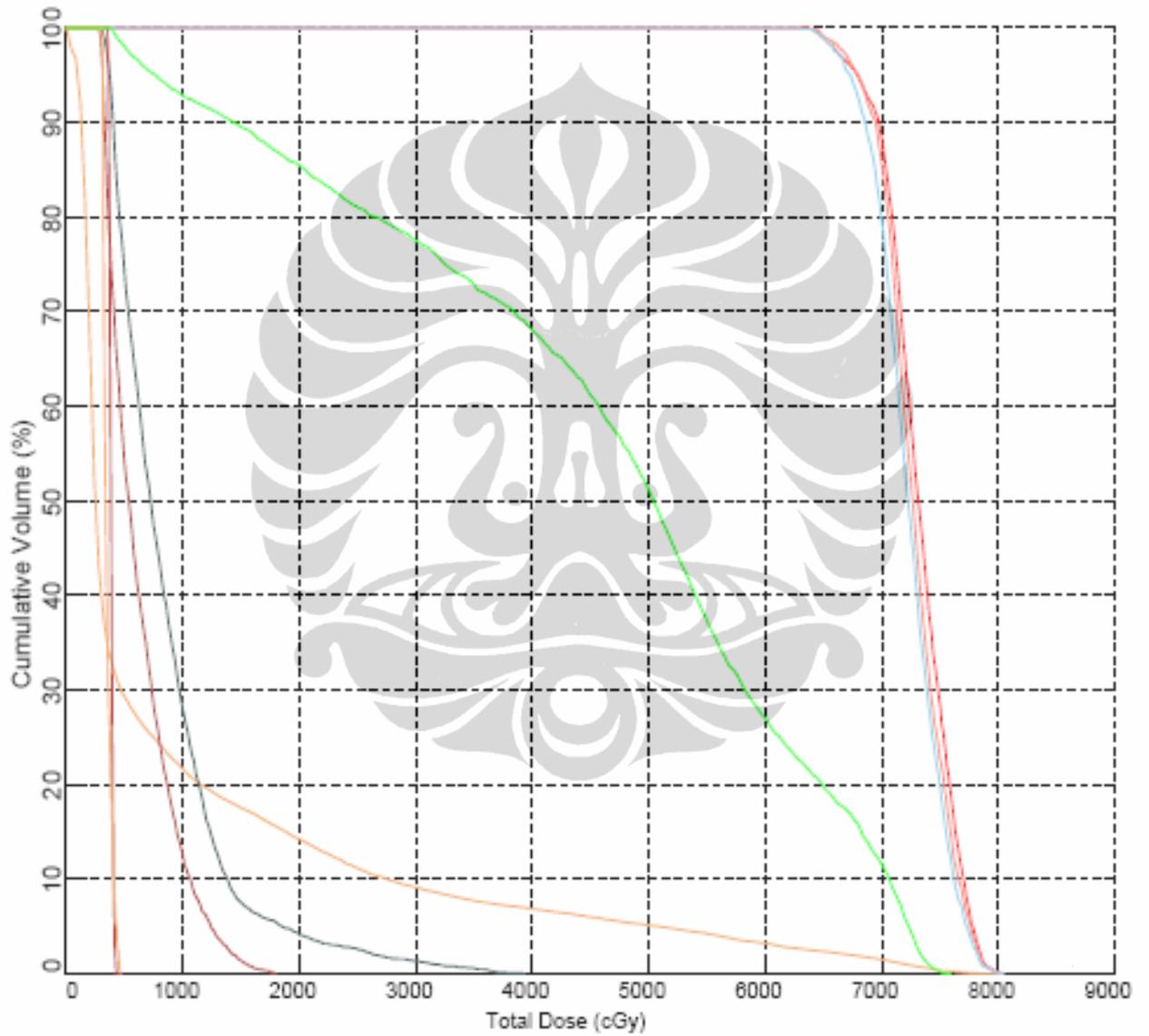
Transverse plane. Magnification= 0.71 Frame 1  
 Center at X= +0.4cm Y= -0.2cm Z= +4.0cm; Matrix Spacing = 0.211cm  
 There are 5 Active beams and 47 Segments in this plan

- 4000 cGy
  - 5000 cGy
  - 6000 cGy
  - 6650 cGy
  - 7000 cGy
- GTV
  - CTV
  - PTV
  - right eye
  - left eye
  - left lens
  - Brainstem



Plan: 4	HIPOFISIS IMRT 5 LAP	Plan Date	11-NOV-2010 18:00
Signature			

Key	Structure (2500 pts LIVE)	Plan	Min Dose (cGy)	Max Dose (cGy)	Mean Dose (cGy)	Total Vol (cc)
External	I Wayan Artayasa Tn	(04)	0	7989	920	3686.8
GTV	I Wayan Artayasa Tn	(04)	6324	8020	7314	28.4
CTV	I Wayan Artayasa Tn	(04)	6350	8028	7275	42.6
PTV	I Wayan Artayasa Tn	(04)	6277	8031	7231	54.8
right eye	I Wayan Artayasa Tn	(04)	268	1787	626	8.5
left eye	I Wayan Artayasa Tn	(04)	287	3915	858	8.5
left lens	I Wayan Artayasa Tn	(04)	354	428	384	0.2
right lens	I Wayan Artayasa Tn	(04)	298	465	349	0.2
Brainstem	I Wayan Artayasa Tn	(04)	393	7555	4616	23.5



Plan: 4	HIPOFISIS IMRT 5 LAP	Plan Date	11-NOV-2010 18:00
Signature			

### Beam Setup Notes

Patient Notes:	
Patient Setup	Patient Treated Head First
Prescription:	Fraction group 1 [FxGroup#1] MUs Prescribed directly for each beam.
Plan Summary:	There are 5 Active beams and 47 Segments in this plan
Fraction Groups:	Fraction group 1 [FxGroup#1] is delivered 35 times
Couch Positions:	Looking from the foot of the table towards the gantry, position patient such that lasers line up with patient marks. Lateral Couch Movements (RIGHT or LEFT) are to your RIGHT or LEFT. Longitudinal Couch Movements IN are towards the gantry, OUT are away from gantry.

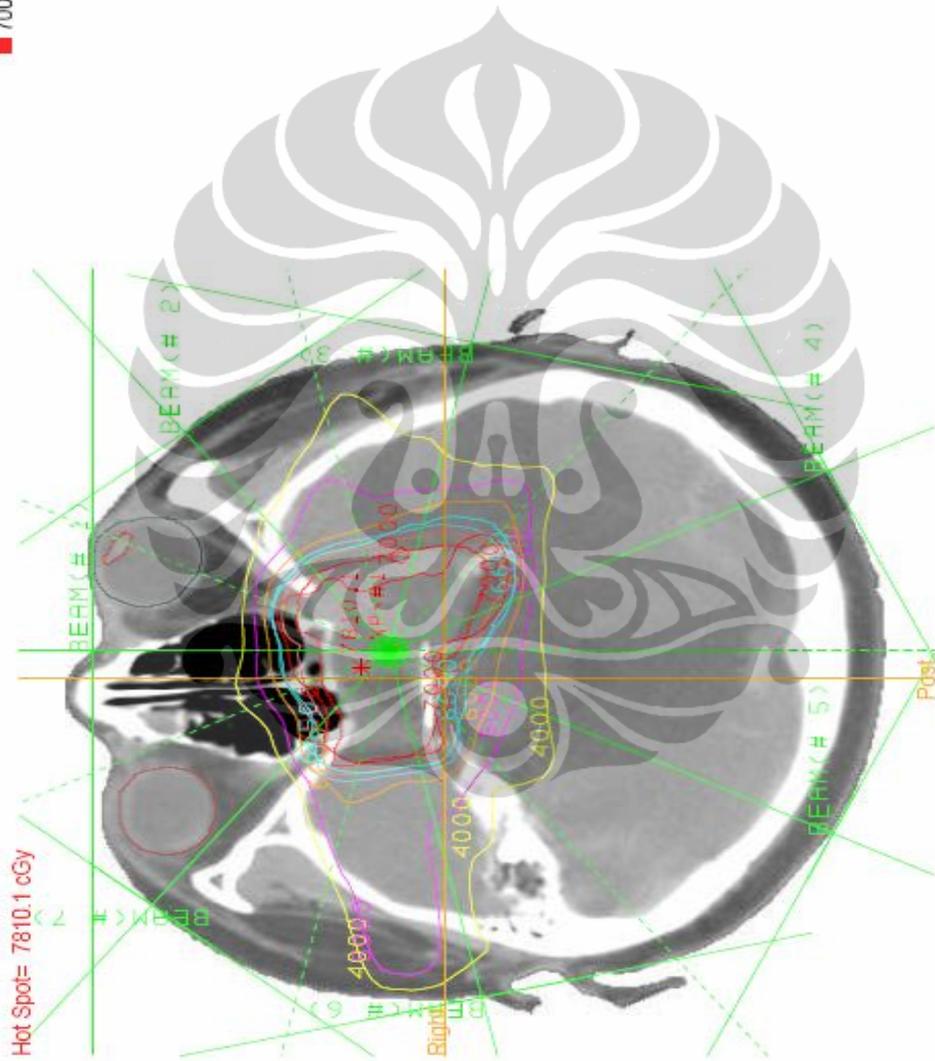
### Beam Setup Parameters

Beam:	Number	1	2	3	4	5
Name	ap	ax 72	ax 144	ax 216	ax 288	
# Segments	8	15	8	6	10	
Fraction: Group	1	1	1	1	1	
Fractions	35	35	35	35	35	
Machine: Name	Synergy RSCM					
Code	e1472	e1472	e1472	e1472	e1472	
Beam: Type	complex	complex	complex	complex	complex	
Energy	6 MV	6 MV	6 MV	6 MV	6 MV	
SAD (cm)	100	100	100	100	100	
SSD (cm)	93.8	92.9	90.2	89.9	91.6	
Gantry: Angle (deg)	0.0	72.0	144.0	216.0	288.0	
Collimator: Angle (deg)	0.0	90.0	85.0	40.0	320.0	
Diaphragm Size:	Diaphragm Size					
Diaphragm @ SAD (cm)	UPPER 21.0	UPPER 21.0	UPPER 21.0	UPPER 21.0	UPPER 21.0	
Diaphragm @ SAD (cm)	LOWER 16.0	LOWER 16.0	LOWER 16.0	LOWER 16.0	LOWER 16.0	
Couch: Relative	Couch Offsets					
Angle (deg)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Lateral (cm)	0.7 LEFT	0.7 LEFT	0.7 LEFT	0.7 LEFT	0.7 LEFT	
Height (cm)	1.2 DOWN	1.2 DOWN	1.2 DOWN	1.2 DOWN	1.2 DOWN	
Long (cm)	4.0 IN	4.0 IN	4.0 IN	4.0 IN	4.0 IN	
Modifiers:	Modifiers					
Tray Factor	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	
MLC Present	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	
Wedge: Name						
Angle						
Orientation						
	Beam MU/Fraction					
Wedge In MU	--	--	--	--	--	
Wedge Out MU	61.5	161.9	56.6	36.5	101.0	

Plan: 2	HIFOPIS IMRT 7 LAP	Plan Date	12-FEB-2010 18:59
Signature			

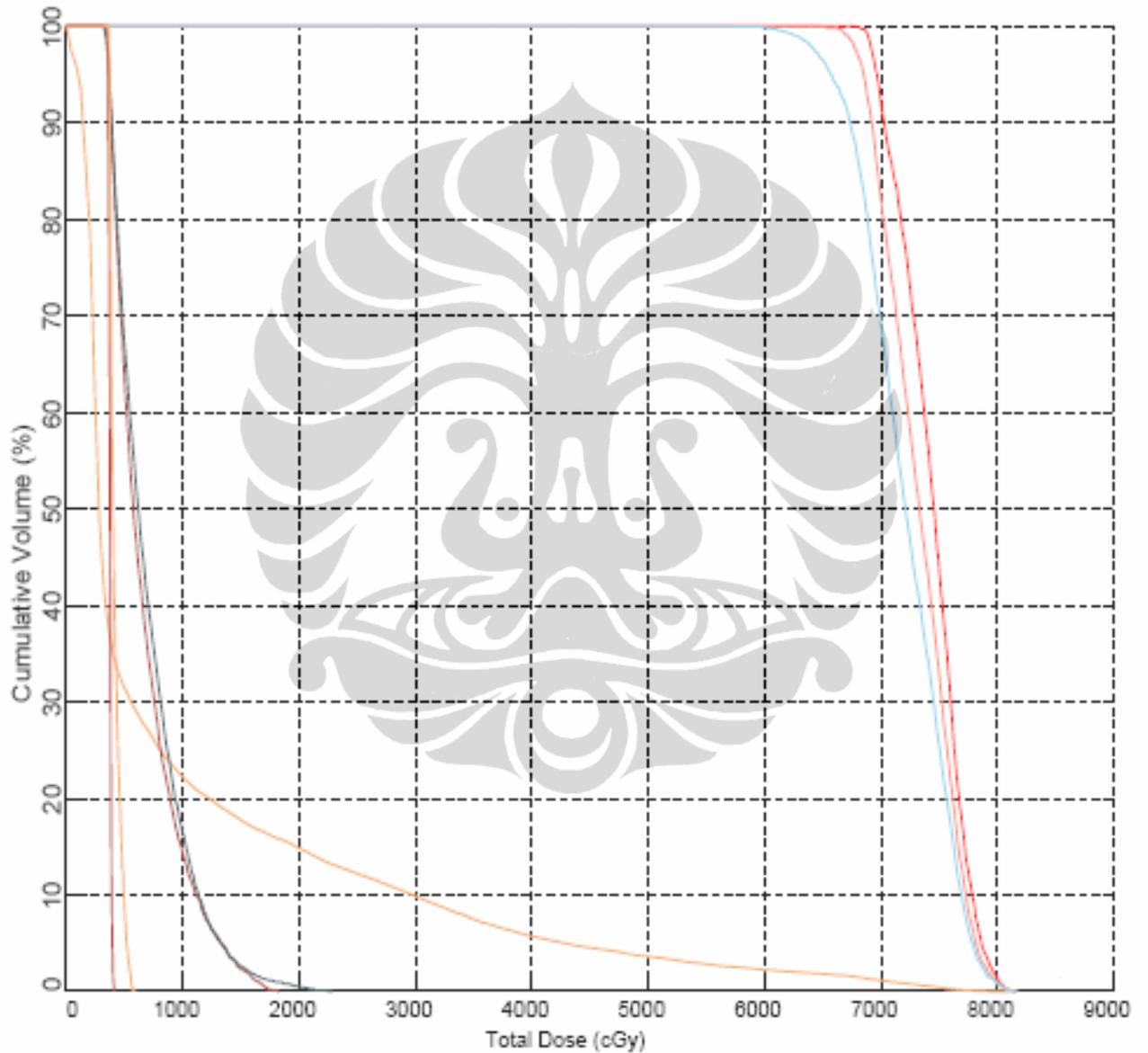
Transverse plane. Magnification= 0.71. Frame 1  
Center at X= +0.4cm Y= -0.2cm Z= +4.0cm; Matrix Spacing = 0.211cm  
There are 7 Active beams and 61 Segments in this plan

- 4000 cGy
  - 5000 cGy
  - 6000 cGy
  - 6650 cGy
  - 7000 cGy
- GTV
  - CTV
  - PTV
  - right eye
  - left eye
  - left lens



Plan: 2	HIPPOFISIS IMRT 7 LAP	Plan Date	12-FEB-2010 18:59
Signature			

Key	Structure (2500 pts LIVE)	Plan	Min Dose (cGy)	Max Dose (cGy)	Mean Dose (cGy)	Total Vol (cc)
External	I Wayan Artayasa Tn	(02)	0	8054	925	3686.8
GTV	I Wayan Artayasa Tn	(02)	6770	8151	7433	28.4
CTV	I Wayan Artayasa Tn	(02)	6482	8143	7328	42.6
PTV	I Wayan Artayasa Tn	(02)	5719	8147	7209	54.8
right eye	I Wayan Artayasa Tn	(02)	330	1816	674	8.5
left eye	I Wayan Artayasa Tn	(02)	313	2264	704	8.5
left lens	I Wayan Artayasa Tn	(02)	348	412	374	0.2
right lens	I Wayan Artayasa Tn	(02)	358	578	417	0.2



Plan: 2	HIPOFISIS IMRT 7 LAP	Plan Date	12-FEB-2010 18:59
Signature			

### Beam Setup Notes

Patient Notes:	
Patient Setup	Patient Treated Head First
Prescription:	Fraction group 1 [FxGroup#1] MUs Prescribed directly for each beam.
Plan Summary:	There are 7 Active beams and 61 Segments in this plan
Fraction Groups:	Fraction group 1 [FxGroup#1] is delivered 35 times
Couch Positions:	Looking from the foot of the table towards the gantry, position patient such that lasers line up with patient marks. Lateral Couch Movements (RIGHT or LEFT) are to your RIGHT or LEFT. Longitudinal Couch Movements IN are towards the gantry, OUT are away from gantry.

### Beam Setup Parameters

Beam:	Number	1	2	3	4	5	6
Name	ap	ax 51.4	ax 102.9	ax 154.3	ax 205.7	ax 257.1	
# Segments	10	4	9	10	5	18	
Fraction: Group	1	1	1	1	1	1	1
Fractions	35	35	35	35	35	35	35
Machine: Name	Synergy RSCM						
Code	e1472	e1472	e1472	e1472	e1472	e1472	e1472
Beam: Type	complex	complex	complex	complex	complex	complex	complex
Energy	6 MV	6 MV	6 MV	6 MV	6 MV	6 MV	6 MV
SAD (cm)	100	100	100	100	100	100	100
SSD (cm)	93.8	93.2	92.3	89.8	89.7	91.3	
Gantry: Angle (deg)	0.0	51.4	102.9	154.3	205.7	257.1	
Collimator: Angle (deg)	358.0	0.0	270.0	356.0	10.0	285.0	
Diaphragm Size:	Diaphragm Size						
Diaphragm @ SAD (cm)	UPPER 21.0	UPPER 21.0	UPPER 21.0	UPPER 21.0	UPPER 21.0	UPPER 21.0	UPPER 21.0
Diaphragm @ SAD (cm)	LOWER 16.0	LOWER 16.0	LOWER 16.0	LOWER 16.0	LOWER 16.0	LOWER 16.0	LOWER 16.0
Couch: Relative	Couch Offsets						
Angle (deg)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Lateral (cm)	0.7 LEFT	0.7 LEFT	0.7 LEFT	0.7 LEFT	0.7 LEFT	0.7 LEFT	0.7 LEFT
Height (cm)	1.2 DOWN	1.2 DOWN	1.2 DOWN	1.2 DOWN	1.2 DOWN	1.2 DOWN	1.2 DOWN
Long (cm)	4.0 IN	4.0 IN	4.0 IN	4.0 IN	4.0 IN	4.0 IN	4.0 IN
Modifiers:	Modifiers						
Tray Factor	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000
MLC Present	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Wedge: Name							
Angle							
Orientation							
	Beam MU/Fraction						
Wedge In MU	--	--	--	--	--	--	--
Wedge Out MU	86.0	38.6	92.9	93.5	19.6	149.0	

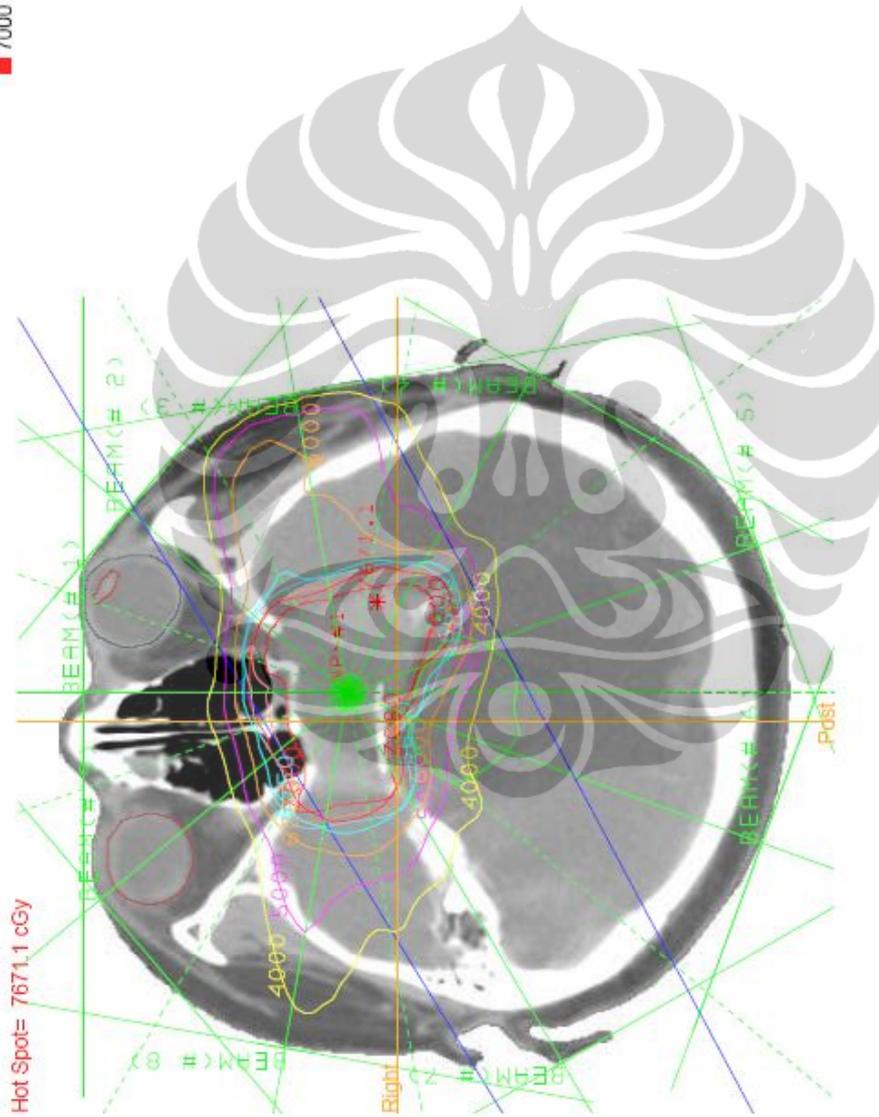


### Beam Setup Parameters

Beam: Number	7
Name	ax 308.6
# Segments	5
Fraction: Group	1
Fractions	35
Machine: Name	Synergy RSCM
Code	s1472
Beam: Type	complex
Energy	6 MV
SAD (cm)	100
SSD (cm)	92.1
Gantry: Angle (deg)	308.6
Collimator: Angle (deg)	80.0
Diaphragm Size:	Diaphragm Size
Diaphragm @ SAD (cm)	UPPER 21.0
Diaphragm @ SAD (cm)	LOWER 16.0
Couch: Relative	Couch Offsets
Angle (deg)	0.0
Lateral (cm)	0.7 LEFT
Height (cm)	1.2 DOWN
Long (cm)	4.0 IN
Modifiers:	Modifiers
Tray Factor	1.00000
MLC Present	Yes
Wedge: Name	
Angle	
Orientation	
	Beam MU/Fraction
Wedge In MU	--
Wedge Out MU	35.3

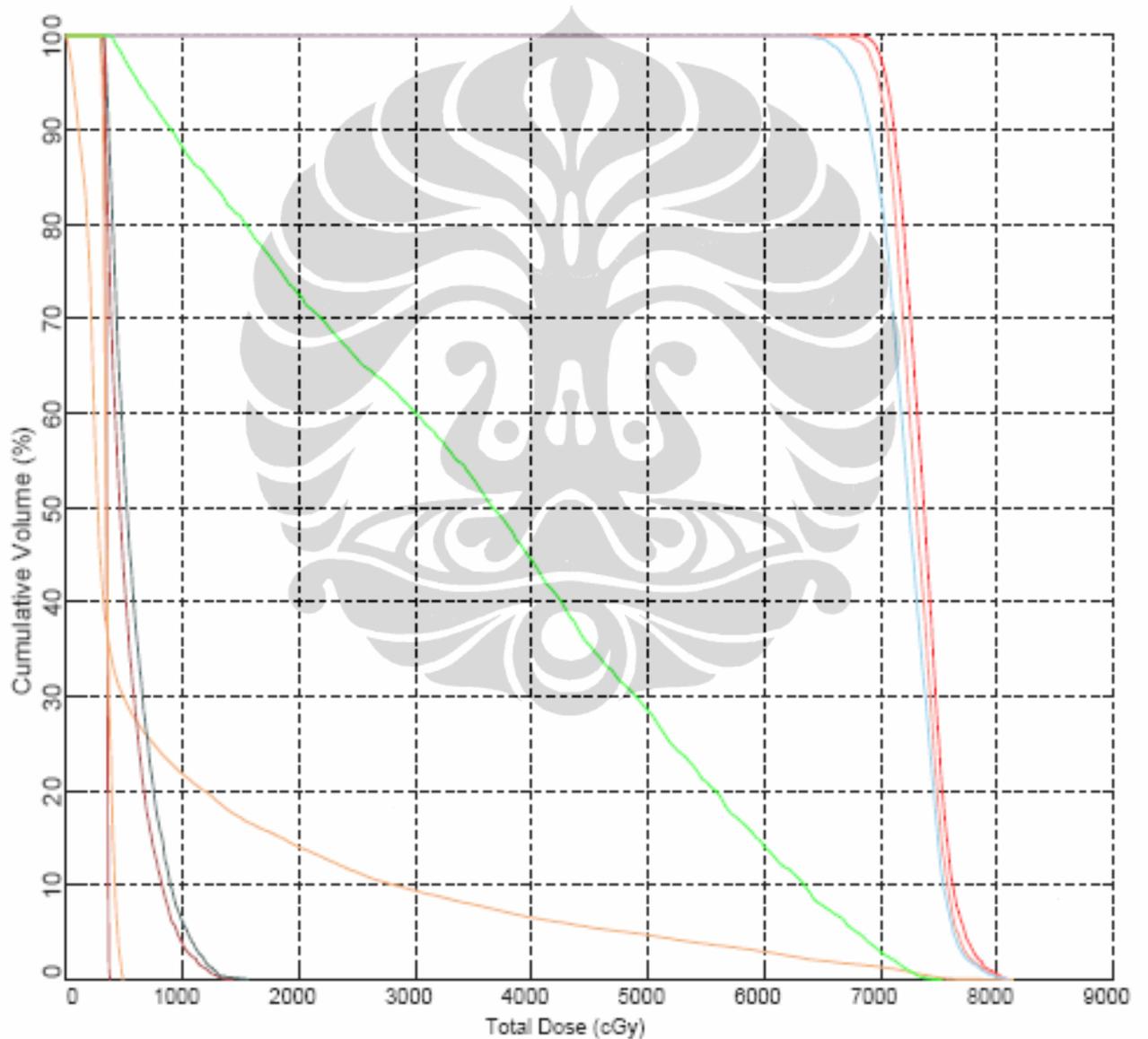
Transverse plane. Magnification=0.71 Frame 1  
 Center at X= +0.4cm Y= -0.2cm Z= +4.0cm; Matrix Spacing = 0.211cm  
 There are 9 Active beams and 51 Segments in this plan

- 4000 cGy
  - 5000 cGy
  - 6000 cGy
  - 6650 cGy
  - 7000 cGy
- GTV
  - CTV
  - PTV
  - right eye
  - left eye
  - left lens
  - Brainstem



Plan: 3	HIPOFISIS IMRT 9 LAP	Plan Date	11-NOV-2010 18:13
Signature			

Key	Structure (2500 pts LIVE)	Plan	Min Dose (cGy)	Max Dose (cGy)	Mean Dose (cGy)	Total Vol (cc)
—	CTV	I Wayan Artayasa Tn (03)	6818	8087	7373	28.4
—	External	I Wayan Artayasa Tn (03)	0	8082	917	3686.8
—	CTV	I Wayan Artayasa Tn (03)	6602	8077	7314	42.6
—	PTV	I Wayan Artayasa Tn (03)	6258	8078	7238	54.8
—	right eye	I Wayan Artayasa Tn (03)	285	1421	524	8.5
—	left eye	I Wayan Artayasa Tn (03)	296	1551	583	8.5
—	left lens	I Wayan Artayasa Tn (03)	326	376	347	0.2
—	right lens	I Wayan Artayasa Tn (03)	296	486	354	0.2
—	Brainstem	I Wayan Artayasa Tn (03)	384	7458	3609	22.9



Plan: 3	HIPPOFISIS IMRT 9 LAP	Plan Date	21-NOV-2010 18:13
Signature			

### Beam Setup Notes

Patient Notes:	
Patient Setup	Patient Treated Head First
Prescription:	Fraction group 1 [FxGroup#1] MUs Prescribed directly for each beam.
Plan Summary:	There are 9 Active beams and 51 Segments in this plan
Fraction Groups:	Fraction group 1 [FxGroup#1] is delivered 35 times
Couch Positions:	Looking from the foot of the table towards the gantry, position patient such that lasers line up with patient marks. Lateral Couch Movements (RIGHT or LEFT) are to your RIGHT or LEFT. Longitudinal Couch Movements IN are towards the gantry, OUT are away from gantry.

### Beam Setup Parameters

Beam:	Number	1	2	3	4	5	6
Name		ap	ax 40	ax 80	ax 120	ax 160	ax 200
# Segments		4	1	10	10	6	11
Fraction:	Group	1	1	1	1	1	1
	Fractions	35	35	35	35	35	35
Machine:	Name	Synergy RSCM					
	Code	e1472	e1472	e1472	e1472	e1472	e1472
Beam:	Type	complex	simple	complex	complex	complex	complex
	Energy	6 MV	6 MV	6 MV	6 MV	6 MV	6 MV
	SAD (cm)	100	100	100	100	100	100
	SSD (cm)	93.8	93.3	92.8	91.3	89.8	89.7
Gantry:	Angle (deg)	0.0	40.0	80.0	120.0	160.0	200.0
Collimator:	Angle (deg)	345.0	286.0	357.0	357.0	10.0	60.0
Diaphragm Size:		Diaphragm Size					
Diaphragm @ SAD (cm)		UPPER 21.0	UPPER 21.0	UPPER 21.0	UPPER 21.0	UPPER 21.0	UPPER 21.0
Diaphragm @ SAD (cm)		LOWER 16.0	LOWER 16.0	LOWER 16.0	LOWER 16.0	LOWER 16.0	LOWER 16.0
Couch: Relative		Couch Offsets					
	Angle (deg)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Lateral (cm)	0.7 LEFT	0.7 LEFT	0.7 LEFT	0.7 LEFT	0.7 LEFT	0.7 LEFT
	Height (cm)	1.2 DOWN	1.2 DOWN	1.2 DOWN	1.2 DOWN	1.2 DOWN	1.2 DOWN
	Long (cm)	4.0 IN	4.0 IN	4.0 IN	4.0 IN	4.0 IN	4.0 IN
Modifiers:		Modifiers					
	Tray Factor	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000
	MLC Present	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Wedge:	Name						
	Angle						
	Orientation						
		Beam MU/Fraction					
Wedge In MU		--	--	--	--	--	--
Wedge Out MU		30.6	2.0	144.2	101.3	71.4	66.5

**Beam Setup Parameters**

Beam:	Number	7	8	9
	Name	ax 240	ax 280	ax 320
	# Segments	1	5	3
Fraction:	Group	1	1	1
	Fractions	35	35	35
Machine:	Name	Synergy RSCM		
	Code	e1472	e1472	e1472
Beam:	Type	simple	complex	complex
	Energy	6 MV	6 MV	6 MV
	SAD (cm)	100	100	100
	SSD (cm)	89.9	91.5	92.4
Gantry:	Angle (deg)	240.0	280.0	320.0
Collimator:	Angle (deg)	2.0	86.0	0.0
Diaphragm Size:		Diaphragm Size		
	Diaphragm @ SAD (cm)	UPPER 21.0	UPPER 21.0	UPPER 21.0
	Diaphragm @ SAD (cm)	LOWER 16.0	LOWER 16.0	LOWER 16.0
Couch: Relative		Couch Offsets		
	Angle (deg)	0.0	0.0	0.0
	Lateral (cm)	0.7 LEFT	0.7 LEFT	0.7 LEFT
	Height (cm)	1.2 DOWN	1.2 DOWN	1.2 DOWN
	Long (cm)	4.0 IN	4.0 IN	4.0 IN
Modifiers:		Modifiers		
	Tray Factor	1.00000	1.00000	1.00000
	MLC Present	Yes	Yes	Yes
Wedge:	Name			
	Angle			
	Orientation			
		Beam MU/Fraction		
	Wedge In MU	--	--	--
	Wedge Out MU	16.4	36.4	13.0



**LAMPIRAN 4**

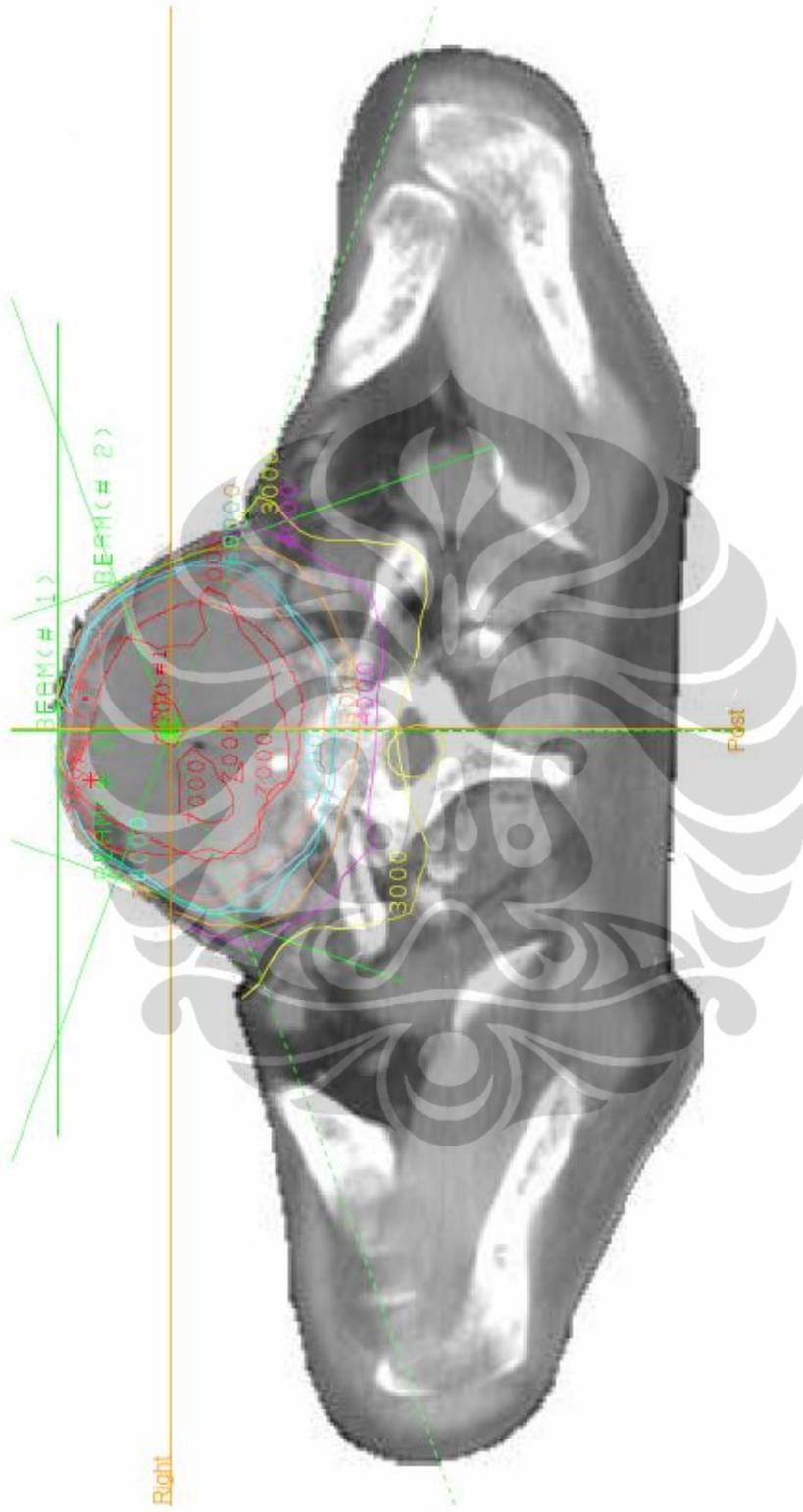
Contoh Hasil TPS Perencanaan IMRT Kanker Tiroid

Plan: 4	IMRT THYROID 3 LAP	Plan Date	29-JAN-2010 17:54
Signature			

Transverse plane. Magnification= 0.66. Frame 1  
Center at X= -0.6cm Y= -3.2cm Z= +7.5cm; Matrix Spacing = 0.418cm  
There are 3 Active beams and 82 Segments in this plan

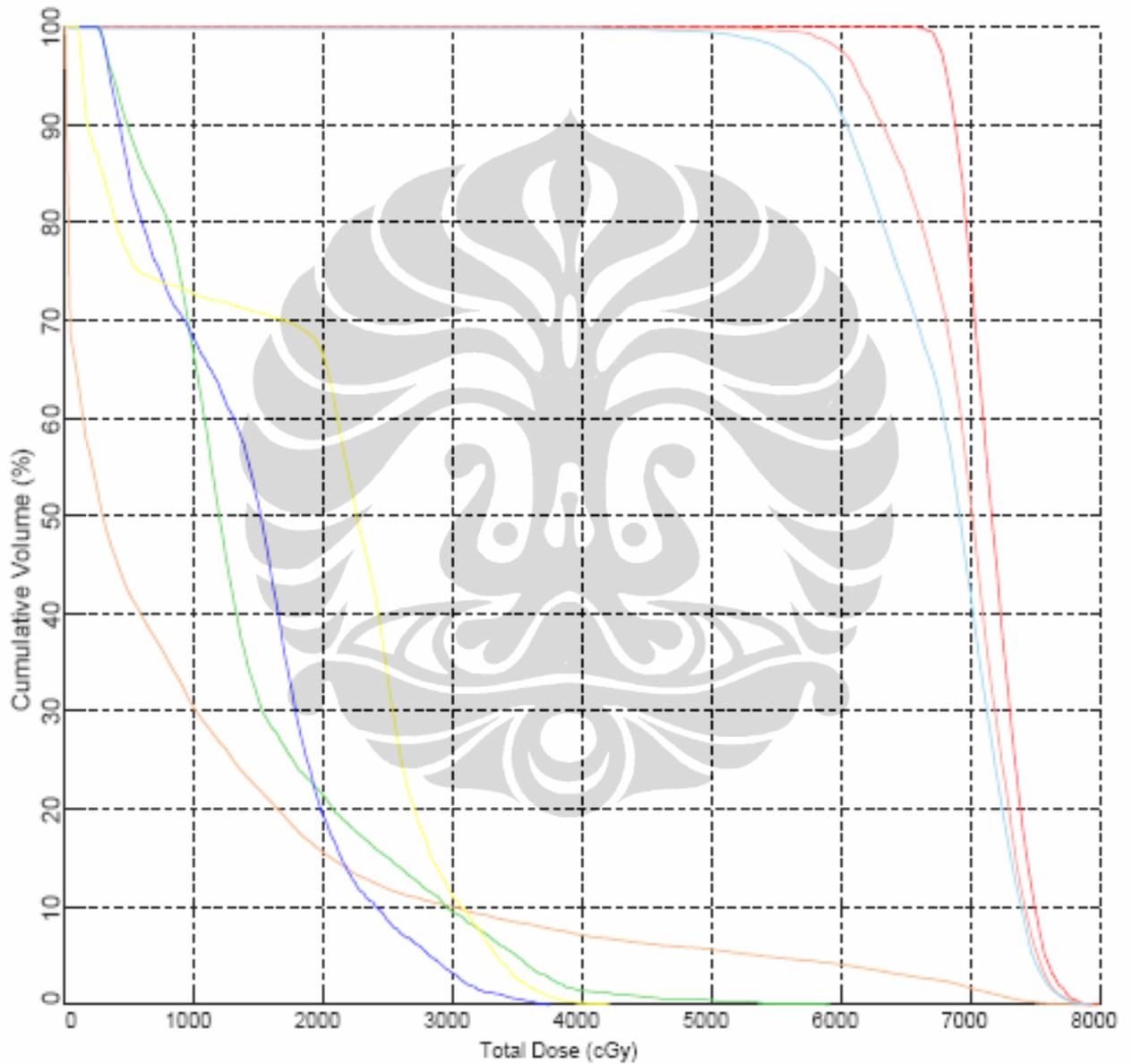
- 3000 cGy
- 4000 cGy
- 5000 cGy
- 6000 cGy
- 7000 cGy
- cord
- GTV
- CTV
- PTV

Hot Spot= 7857.6 cGy



Plan: 4	IMRT THYROID 3 LAP	Plan Date	28-JAN-2010 17:54
Signature			

Key	Structure (2500 pts LIVE)	Plan	Min Dose (cGy)	Max Dose (cGy)	Mean Dose (cGy)	Total Vol (cc)
External	MUNANI NY	(04)	0	7937	1025	7122.2
GTV	MUNANI NY	(04)	6536	7961	7173	118.1
CTV	MUNANI NY	(04)	0	7893	6934	229.6
PTV	MUNANI NY	(04)	0	7885	6783	282.1
R Lung	MUNANI NY	(04)	253	5858	1456	131.3
L Lung	MUNANI NY	(04)	249	3722	1428	151.2
cord	MUNANI NY	(04)	113	4175	1902	26.3



Plan: 4	IMRT THYROID 3 LAP	Plan Date	28-JAN-2010 17:54
Signature			

### Beam Setup Notes

Patient Notes:	
Patient Setup	Patient Treated Head First
Prescription:	Fraction group 1 [FxGroup#1] MUs Prescribed directly for each beam.
Plan Summary:	There are 3 Active beams and 82 Segments in this plan
Fraction Groups:	Fraction group 1 [FxGroup#1] is delivered 30 times
Couch Positions:	Looking from the foot of the table towards the gantry, position patient such that lasers line up with patient marks. Lateral Couch Movements (RIGHT or LEFT) are to your RIGHT or LEFT. Longitudinal Couch Movements IN are towards the gantry, OUT are away from gantry.

### Beam Setup Parameters

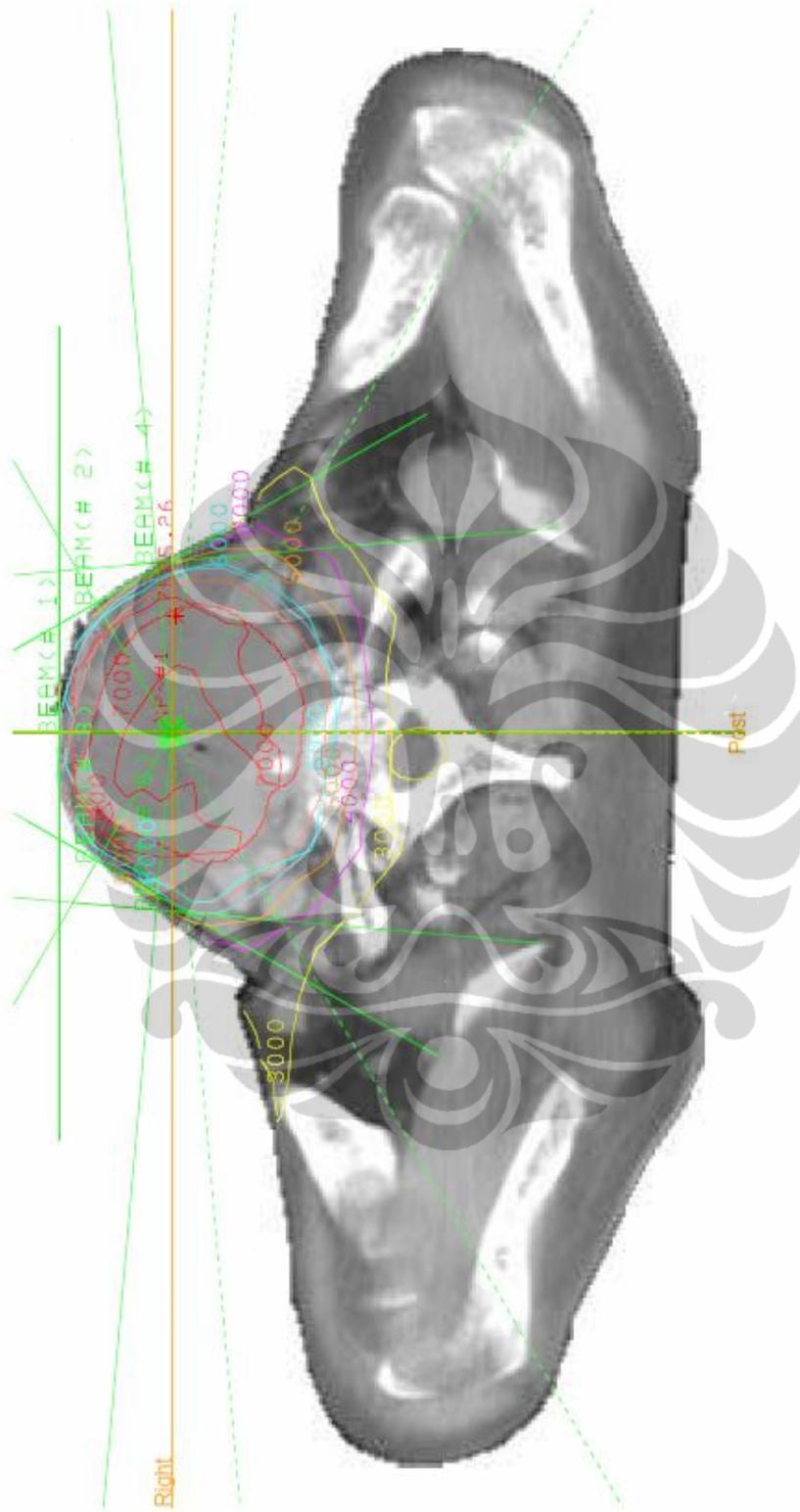
Beam:	Number	1	2	3
Name		AP	AX 70	AX 290
# Segments		29	23	30
Fraction: Group		1	1	1
Fractions		30	30	30
Machine: Name	Synergy RSCM			
Code	e1472	e1472	e1472	e1472
Beam: Type	complex	complex	complex	complex
Energy	6 MV	6 MV	6 MV	6 MV
SAD (cm)	100	100	100	100
SSD (cm)	97.2	96.1	96.1	96.1
Gantry: Angle (deg)	0.0	70.0	290.0	
Collimator: Angle (deg)	356.0	358.0	13.0	
Diaphragm Size:	Diaphragm Size			
Diaphragm @ SAD (cm)	UPPER 21.0	UPPER 21.0	UPPER 21.0	
Diaphragm @ SAD (cm)	LOWER 16.0	LOWER 16.0	LOWER 16.0	
Couch: Relative	Couch Offsets			
Angle (deg)	0.0	0.0	0.0	
Lateral (cm)	0.0	0.0	0.0	
Height (cm)	0.0	0.0	0.0	
Long (cm)	7.5 IN	7.5 IN	7.5 IN	
Modifiers:	Modifiers			
Tray Factor	1.00000	1.00000	1.00000	
MLC Present	Yes	Yes	Yes	
Wedge: Name				
Angle				
Orientation				
	Beam MU/Fraction			
Wedge In MU	--	--	--	
Wedge Out MU	346.4	227.9	307.9	

Plan: 5	IMRT THYROID 5 LAP	Plan Date	05-FEB-2010 19:28
signature			

Transverse plane. Magnification= 0.66 Frame 1  
Center at X= -0.6cm Y= -3.2cm Z= +7.5cm; Matrix Spacing = 0.418cm  
There are 5 Active beams and 63 Segments in this plan

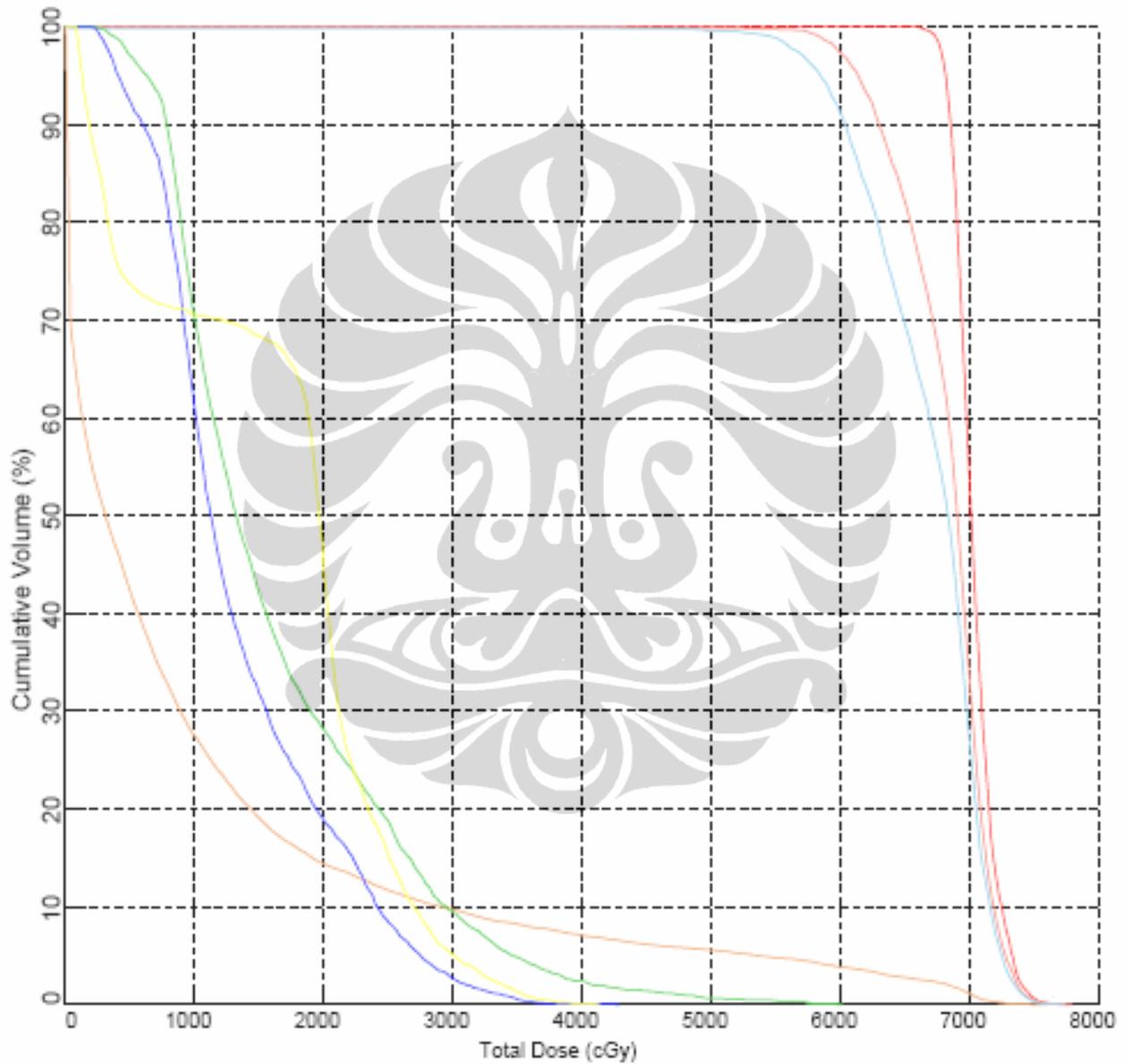
- 3000 cGy
- 4000 cGy
- 5000 cGy
- 6000 cGy
- 7000 cGy
- cord
- GTV
- CTV
- PTV

Hot Spot= 7525.3 cGy



Plan: 5	IMRT THYROID 5 LAP	Plan Date	05-FEB-2010 19:28
Signature			

Key	Structure (2500 pts LIVE)	Plan	Min Dose (cGy)	Max Dose (cGy)	Mean Dose (cGy)	Total Vol (cc)
External	MUNANI NY	(05)	0	7524	979	7122.2
GTV	MUNANI NY	(05)	6595	7736	7029	118.1
CTV	MUNANI NY	(05)	0	7713	6812	229.6
PTV	MUNANI NY	(05)	0	7662	6679	282.1
R Lung	MUNANI NY	(05)	246	5967	1633	131.3
L Lung	MUNANI NY	(05)	203	4261	1341	151.2
Cord	MUNANI NY	(05)	87	4097	1643	26.3



Plan: 5	IMRT THYROID S LAP	Plan Date	05-FEB-2010 19:28
Signature			

### Beam Setup Notes

Patient Notes:	
Patient Setup	Patient Treated Head First
Prescription:	Fraction group 1 [FxGroup#1] MUs Prescribed directly for each beam.
Plan Summary:	There are 5 Active beams and 63 Segments in this plan
Fraction Groups:	Fraction group 1 [FxGroup#1] is delivered 30 times
Couch Positions:	Looking from the foot of the table towards the gantry, position patient such that lasers line up with patient marks. Lateral Couch Movements (RIGHT or LEFT) are to your RIGHT or LEFT. Longitudinal Couch Movements IN are towards the gantry, OUT are away from gantry.

### Beam Setup Parameters

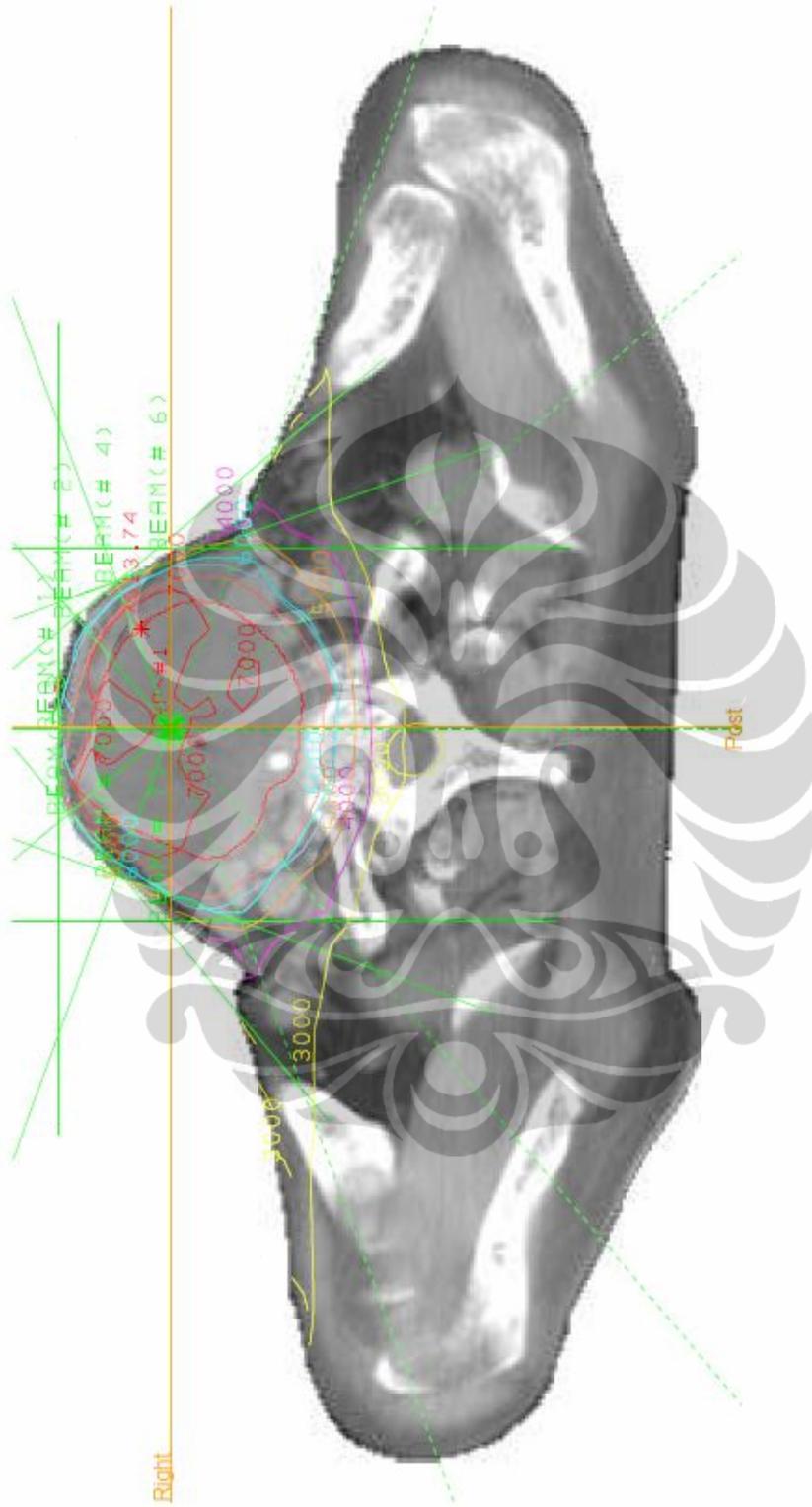
Beam:	Number	1	2	3	4	5
Name		AP	AX 60	AX 300	AX 85	AX 275
# Segments		22	7	14	13	7
Fraction: Group		1	1	1	1	1
Fractions		30	30	30	30	30
Machine: Name	Synergy RSCM					
Code		e1472	e1472	e1472	e1472	e1472
Beam: Type		complex	complex	complex	complex	complex
Energy		6 MV				
SAD (cm)		100	100	100	100	100
SSD (cm)		97.2	96.2	96.3	95.7	95.5
Gantry: Angle (deg)		0.0	60.0	300.0	85.0	275.0
Collimator: Angle (deg)		1.0	340.0	345.0	5.0	344.0
Diaphragm Size:	Diaphragm Size					
Diaphragm @ SAD (cm)		UPPER 21.0				
Diaphragm @ SAD (cm)		LOWER 16.0				
Couch: Relative	Couch Offsets					
Angle (deg)		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Lateral (cm)		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Height (cm)		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Long (cm)		7.5 IN				
Modifiers:	Modifiers					
Tray Factor		1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000
MLC Present		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Wedge: Name						
Angle						
Orientation						
	Beam MU/Fraction					
Wedge In MU		--	--	--	--	--
Wedge Out MU		239.0	84.1	126.4	120.8	81.3

Plan: 6	FMRT THYROID 7 LAP	Plan Date	19-MAR-2010 17:30
Signature			

Transverse plane. Magnification= 0.66 Frame 1  
 Center at X= -0.6cm Y= -3.2cm Z= +7.5cm; Matrix Spacing = 0.418cm  
 There are 7 Active beams and 136 Segments in this plan

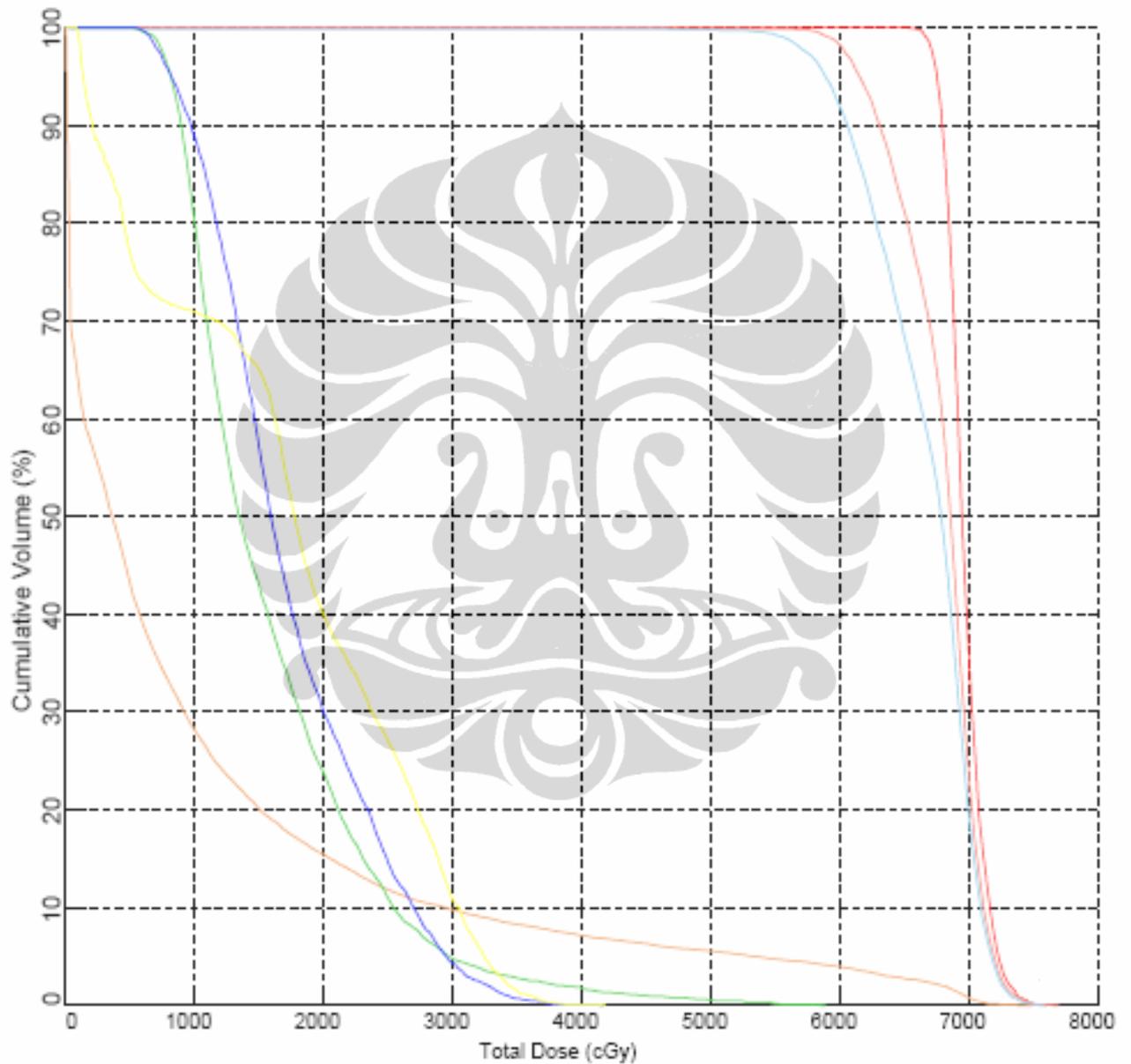
- 3000 cGy
- 4000 cGy
- 5000 cGy
- 6000 cGy
- 7000 cGy
- cord
- GTV
- CTV
- PTV

Hot Spot= 7513.7 cGy



Plan: 6	IMRT THYROID 7 LAP	Plan Date	19-MAR-2010 17:30
Signature			

Key	Structure (2500 pts LIVE)	Plan	Min Dose (cGy)	Max Dose (cGy)	Mean Dose (cGy)	Total Vol (cc)
External	MUNANI NY	(06)	0	7421	1001	7122.2
GTV	MUNANI NY	(06)	6493	7580	6960	118.1
CTV	MUNANI NY	(06)	0	7627	6773	229.6
PTV	MUNANI NY	(06)	0	7544	6649	282.1
R Lung	MUNANI NY	(06)	517	5848	1589	131.3
L Lung	MUNANI NY	(06)	446	4133	1727	151.2
Cord	MUNANI NY	(06)	98	4161	1705	26.3



Plan: 6	IMRT THYROID 7 LAP	Plan Date	19-MAR-2010 17:30
Signature			

### Beam Setup Notes

Patient Notes:	
Patient Setup	Patient Treated Head First
Prescription:	Fraction group 1 [FxGroup#1] MUs Prescribed directly for each beam.
Plan Summary:	There are 7 Active beams and 136 Segments in this plan
Fraction Groups:	Fraction group 1 [FxGroup#1] is delivered 30 times
Couch Positions:	Looking from the foot of the table towards the gantry, position patient such that lasers line up with patient marks. Lateral Couch Movements (RIGHT or LEFT) are to your RIGHT or LEFT. Longitudinal Couch Movements IN are towards the gantry, OUT are away from gantry.

### Beam Setup Parameters

Beam:	Number	1	2	3	4	5	6
Name		AP	AX 50	AX 320	AX 70	AX 290	LAT 90
# Segments		23	15	19	14	9	26
Fraction: Group		1	1	1	1	1	1
Fractions		30	30	30	30	30	30
Machine: Name	Synergy RSCM						
Code		e1472	e1472	e1472	e1472	e1472	e1472
Beam: Type		complex	complex	complex	complex	complex	complex
Energy		6 MV					
SAD (cm)		100	100	100	100	100	100
SSD (cm)		97.2	96.3	96.7	96.1	96.1	95.5
Gantry: Angle (deg)		0.0	50.0	320.0	70.0	290.0	90.0
Collimator: Angle (deg)		358.0	1.0	0.0	8.0	356.0	355.0
Diaphragm Size:	Diaphragm Size						
Diaphragm @ SAD (cm)		UPPER 21.0					
Diaphragm @ SAD (cm)		LOWER 16.0					
Couch: Relative	Couch Offsets						
Angle (deg)		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Lateral (cm)		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Height (cm)		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Long (cm)		7.5 IN					
Modifiers:	Modifiers						
Tray Factor		1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000
MLC Present		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Wedge: Name							
Angle							
Orientation							
	Beam MU/Fraction						
Wedge In MU		--	--	--	--	--	--
Wedge Out MU		232.5	124.0	183.5	87.7	70.7	239.5

## Beam Setup Parameters

Beam:	Number	7
	Name	LAT 270
	# Segments	30
Fraction:	Group	1
	Fractions	30
Machine:	Name	Synergy RSCM
	Code	e1472
Beam:	Type	complex
	Energy	6 MV
	SAD (cm)	100
	SSD (cm)	95.2
Gantry:	Angle (deg)	270.0
Collimator:	Angle (deg)	345.0
Diaphragm Size:	Diaphragm Size	
	Diaphragm @ SAD (cm)	UPPER 21.0
	Diaphragm @ SAD (cm)	LOWER 16.0
Couch: Relative	Couch Offsets	
	Angle (deg)	0.0
	Lateral (cm)	0.0
	Height (cm)	0.0
	Long (cm)	7.5 IN
Modifiers:	Modifiers	
	Tray Factor	1.00000
	MLC Present	Yes
Wedge:	Name	
	Angle	
	Orientation	
	Beam MU/Fraction	
Wedge In MU	--	
Wedge Out MU	195.1	