

**SKRIPSI**

**ANALISIS KESESUAIAN DISTRIBUSI DOSIS BERDASARKAN GRAFIK  
*DOSE VOLUME HISTOGRAM (DVH)* PADA RADIOTERAPI  
KANKER SERVIKS**

**Disusun dan diajukan oleh**

**NI PUTU SRI NARAYANI**

**H021 19 1006**



**DEPARTEMEN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2023**

**ANALISIS KESESUAIAN DISTRIBUSI DOSIS BERDASARKAN GRAFIK  
DOSE VOLUME HISTOGRAM (DVH) PADA RADIOTERAPI  
KANKER SERVIKS**

**SKRIPSI**

*Diajukan sebagai Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains  
pada Program Studi Fisika Departemen Fisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Hasanuddin*

**NI PUTU SRI NARAYANI**

**H021 19 1006**

**DEPARTEMEN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR**

**2023**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**ANALISIS KESESUAIAN DISTRIBUSI DOSIS BERDASARKAN GRAFIK  
DOSE VOLUME HISTOGRAM (DVH) PADA RADIOTERAPI  
KANKER SERVIKS**

**Disusun dan diajukan oleh:**

**NI PUTU SRI NARAYANI**

**H021 19 1006**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin pada tanggal 14 Februari 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

Pembimbing Utama,

  
Prof. Dr. Bualkar Abdullah, M.Eng.Sc.  
NIP. 19550105 197802 1 001

Pembimbing Pendamping,

  
Prof. Dr. Sri Suryani, DEA.  
NIP. 19580508 198312 2 001

Ketua Program Studi,

  
Prof. Dr. Arifin, M.T.  
NIP. 19670520 199403 1 002

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ni Putu Sri Narayani  
NIM : H021191006  
Program Studi : Fisika  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

### **ANALISIS KESESUAIAN DISTRIBUSI DOSIS BERDASARKAN GRAFIK *DOSE VOLUME HISTOGRAM (DVH) PADA RADIOTERAPI KANKER SERVIKS***

Merupakan skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau seluruh skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 20 April 2023

Yang Menyatakan



Ni Putu Sri Narayani

## ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian Analisis Kesesuaian Distribusi Dosis Berdasarkan Grafik *Dose Volume Histogram* (DVH) Pada Radioterapi Kanker Serviks. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kesesuaian distribusi dosis pada perencanaan radioterapi pasien kanker serviks sesuai dengan ketentuan *International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU) Report 62 dan 83*. Teknik 3D-CRT dengan jumlah lapangan penyinaran berbeda dibandingkan berdasarkan nilai *Homogeneity Index* (HI) dan *Conformity Index* (CI). Jumlah lapangan penyinaran yang digunakan yaitu 6,7 dan 8 lapangan penyinaran. Hasil penelitian menunjukkan distribusi dosis pada radioterapi kanker serviks masih memenuhi standar yang ditetapkan *ICRU Report 62 dan 83*. Penyinaran radioterapi dengan delapan lapangan penyinaran memiliki nilai HI dan nilai CI yang lebih rendah dari lapangan penyinaran yang lain.

**Kata Kunci-** *Conformity Index, Homogeneity Index, Kanker Serviks, 3D-CRT*

## **ABSTRACT**

A study on the Conformity Analysis of Dose Distribution Based on Dose Volume Histogram (DVH) Graphics in Cervical Cancer Radiotherapy has been carried out. This study aims to determine the suitability of the dose distribution in radiotherapy planning for cervical cancer patients according to the International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU) Reports 62 and 83. The 3D-CRT technique with different number of irradiation fields is compared based on the Homogeneity Index (HI) and Conformity Index (CI). The number of irradiation fields used were 6.7 and 8 irradiation fields. The results showed that the dose distribution for cervical cancer radiotherapy still met the standards set by ICRU Report 62 and 83. Radiotherapy irradiation with eight irradiation fields had HI values and CI values that were lower than other irradiation fields.

**Keywords:** Conformity Index, Homogeneity Index, Cervical Cancer, 3D-CRT

## KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “**Analisis Kesesuaian Distribusi Dosis Berdasarkan Grafik Dose Volume Histogram (DVH) Pada Radioterapi Kanker Serviks**” yang merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Sarjana (S1) Departemen Fisika Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak terlepas dari adanya hambatan dan jauh dari kata sempurna. Hal ini terjadi karena pengetahuan dan kemampuan dari penulis yang penuh dengan keterbatasan. Oleh karena itu, skripsi ini tidak mungkin terselesaikan tanpa adanya dukungan, bantuan, bimbingan, dan nasehat dari berbagai pihak selama penyusunan skripsi ini. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih setulus-tulusnya kepada:

1. Ucapan terima kasih lagi untuk **Tuhan**, karena telah memberikan kemudahan untuk penulis sehingga bisa menyelesaikan skripsi ini.
2. Terima kasih kepada kakek **Nyoman Korno** dan Nenek **Wayan Artini** yang telah menjadi penyemangat penulis untuk menyelesaikan perkuliahan sampai selesai. Terima kasih untuk semua kasih sayang, dukungan moril dan materi.
3. Terima kasih kepada kedua orang tua, Ibu **Ni Made Windri** dan Bapak **Gede Aryo Wirawan** atas kasih sayang yang diberikan. Terima kasih telah memberikan dukungan moril dan materi sehingga penulis bisa menyelesaikan perkuliahan.
4. Terima kasih kepada Bapak **Prof. Dr. Bualkar Abdullah, M.Eng.Sc.** selaku pembimbing utama dan Ibu **Prof. Dr. Sri Suryani, DEA.** selaku dosen pembimbing pertama atas segala ilmu, motivasi, nasehat, dan bantuan yang telah diberikan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini.
5. Kepada Bapak **Prof. Dr. Arifin, M.T.** dan Bapak **Heryanto, S.Si, M.Si** selaku penguji yang selalu meluangkan waktu kepada penulis dalam menyelesaikan setiap langkah demi langkah, mulai dari seminar proposal, seminar hasil dan ujiang sidang skripsi.

6. Terima kasih **Bapak/Ibu dosen** program studi Fisika yang telah memberikan ilmu pengetahuan yang tak ternilai kepada penulis selama kurang lebih 7 semester. Kepada **Staf Pegawai Departemen Fisika FMIPA UNHAS**, yang telah membantu dalam pengurusan administrasi penulis.
7. Terima kasih kepada **Direktur Utama Rumah Sakit Universitas Hasanuddin**, Instalasi dan Staff Radioterapi Rumah Sakit Pendidikan Universitas Hasanuddin, Fisikawan medik kakak **Satrial Male** yang telah menyediakan sarana dan prasarana sehingga penelitian ini dapat terlaksanakan dengan baik, serta semua pihak yang telah membantu kelancaran penelitian ini.
8. Terima kasih kepada semua penyelenggara beasiswa **BIDIKMISI** yang telah memberikan bantuan biaya pendidikan kepada penulis, sehingga penulis bisa melanjutkan pendidikan sampai jenjang S1.
9. Kepada teman angkatan **fisika 2019 dan Himafi 2019** terima kasih atas segala kebersamaannya, mengerjakan tugas bersama, berkeluh kesah bersama, dan terkadang menghabiskan waktu sampai malam di kampus.
10. Kepada teman teman **Lab Optik & Spektroskopi** terima kasih atas segala dukungannya dan berbagi ide untuk judul skripsi. Terima kasih juga untuk **Agus Salim, Nurhidayanti dan Nurahmawati** yang sudah menemani ke Rumah Sakit untuk proses penelitian.
11. Kepada teman teman **KKN Unhas gelombang 107** wilayah Lutra-Tim, khususnya **Love Bunker (Wahyuni, Vhia, Nadia, Resky, Dan Intan)** sudah support penulis saat seminar proposal, seminar hasil dan ujian tutup.
12. Semua pihak yang tidak disebutkan semuanya, yang telah dengan tulus ikhlas memberikan doa dan motivasi sehingga dapat terselesaikannya skripsi ini.

Dalam penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan dan kesalahan, karena itu segala kritik dan saran yang membangun akan menyempurnakan penulisan skripsi serta bermanfaat bagi penulis dan para pembaca.

Makassar, 25 April 2023

Ni Putu Sri Narayani

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
ABSTRAK .....	iv
ABSTRACT.....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xi
HALAMAN TABEL .....	xii
BAB I. PENDAHULUAN .....	1
I.1 Latar Belakang .....	1
I.2 Rumusan Masalah .....	2
I.3 Tujuan Penelitian .....	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
II.1 Kanker Serviks .....	4
II.2 Radioterapi.....	4
II.3 Dose Volume Histogram. ....	6
II.4 Sistem Koordinat. ....	7
II.5 Conformity Index.....	8
II.5 Homogeneity Index. ....	8
BAB III. METODE PENELITIAN.....	9
III.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	9
III.2 Alat dan Bahan Penelitian .....	9
III.3 Prosedur Penelitian.....	10
III.4 Bagan Alir Penelitian .....	12
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....	13
IV.1 Data Sampel .....	13
IV.2 Nilai Homogeneity Index.....	14
IV.3 Nilai Conformity Index .....	17

IV.4 Nilai Homogeneity Index Berdasarkan Lapangan Penyinaran .....	14
IV.5 Nilai Conformity Index Berdasarkan Lapangan Penyinaran .....	17
BAB V PENUTUP .....	25
V.1 Kesimpulan.....	25
V.2 Saran.....	25
DAFTAR PUSTAKA .....	26
LAMPIRAN.....	32

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Gambar anatomi organ reproduksi wanita .....	5
Gambar 2.2 Gambar <i>Dose Volume Histogram</i> (DVH) .....	5
Gambar 2.3 Gambar sistem koordinat (Cp yaitu sistem koordinat untuk pasien, Ci sistem koordinat pencitraan, Cn sistem koordinat radioterapi)[ .....	6
Gambar 4.1 Diagram <i>Dose Volume Histogram</i> pasien kanker serviks.....	10
Gambar 4.2 Nilai <i>Homogeneity Index</i> .....	11
Gambar 4.3 Kurva <i>isodose</i> pasien kanker serviks .....	13
Gambar 4.4 Nilai <i>Conformity Index</i> .....	15
Gambar 4.5 Nilai <i>Homogeneity Index</i> berdasarkan jumlah lapangan penyinaran	16
Gambar 4.6 Nilai <i>Conformity Index</i> berdasarkan jumlah lapangan penyinaran ...	19

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Data sampel.....	13
Tabel 4.2 Data usia pasien dengan jumlah lapangan penyinaran untuk penderita kanker stadium III B.....	18

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **I.1 Latar Belakang**

Kanker adalah penyebab utama kematian dan masalah kesehatan bagi masyarakat di seluruh dunia[1]. Dari data terbaru, kanker mempengaruhi 19,3 juta orang di dunia setiap tahun[2]. Sebanyak 50% pasien meninggal karena kanker dan 70% kematian akibat kanker terjadi di negara berpenghasilan menengah ke bawah[2]. Kasus kanker diprediksi akan meningkat karena dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti: perubahan gaya hidup, demografi, pertumbuhan ekonomi, dan peningkatan umur[2]. Distribusi penyebaran kanker di seluruh dunia dipengaruhi oleh jenis kanker, usia dan jenis kelamin[2].

Salah satu jenis kanker adalah kanker serviks[3,4,5]. Kanker serviks adalah kanker paling umum yang menyerang wanita[3]. Kanker serviks biasanya menyerang wanita pada rentang usia 30-65 tahun [4]. Berdasarkan analisis di seluruh dunia, kanker serviks menyerang 570.000 orang setiap tahunnya dengan jumlah kematian 311.000 orang[4,5]. Tahun 2020 merupakan tahun dengan diagnosa kanker serviks terbanyak, dimana kanker ini menempati urutan keempat jenis kanker yang menyerang manusia[6]. Kanker serviks dapat dicegah dan diobati, namun tetap menjadi beban kesehatan global yang signifikan[6].

Radioterapi merupakan salah satu terapi yang efektif untuk membunuh kanker[7]. Radioterapi menggunakan radiasi pengion berenergi tinggi mampu menghancurkan sel kanker[8]. Radioterapi dapat menjadi pengobatan utama jika kanker tidak bisa diangkat dengan operasi[8]. Radioterapi juga digunakan setelah operasi untuk membunuh sel kanker yang masih tertinggal[8]. Kemajuan radioterapi dalam beberapa dekade terakhir mampu meningkatkan kelangsungan hidup pasien secara keseluruhan[7,9]. Kemajuan radioterapi modern muncul dengan berkembangnya teknik radioterapi konformal seperti *Three-Dimensional Conformal Radiation Therapy* (3D-CRT), *Intensity Modulated Radiotherapy* (IMRT), *Volumetric Modulation Arc Therapy* (VMAT) [7,8,9]. 3D-CRT adalah

teknik radioterapi yang menyesuaikan distribusi dosis radiasi dengan bentuk volume target secara tepat[8,10].

Pengobatan dengan radioterapi memberikan efek radiasi yang berbahaya untuk *Organ at Risk* (QAR) yaitu organ sehat di sekitar kanker. Hal ini karena radiasi pengion yang dipancarkan saat radioterapi juga mengenai organ sehat di sekitar kanker[7]. Paparan radiasi pada QAR ini dapat memicu munculnya kanker sekunder[7]. Munculnya kanker sekunder ini dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti: dosis radiasi yang diterima QAR, spesifikasi biologis organ yang terpapar, karakteristik distribusi dosis, ukuran bidang iradiasi dan efek laju dosis[7].

Perencanaan penyinaran radioterapi perlu dilakukan untuk mengoptimalkan hasil dari radioterapi. Perencanaan ini disebut dengan *Treatment Planning System* (TPS)[11]. TPS dalam teknik penyinaran 3D-CRT dilakukan dengan menentukan target penyinaran, menentukan volume target, menentukan sudut penyinaran, menentukan distribusi dosis pada kanker, serta banyak lapangan penyinaran[11]. Informasi distribusi dosis serta volume target ditampilkan dalam bentuk *Dose Volume Histogram* (DVH)[2]. DVH dapat digunakan untuk mengevaluasi rencana penyinaran[2,9]. Beberapa cara untuk mengevaluasi perencanaan penyinaran seperti: menentukan nilai *Conformity Index* (CI) dan *Homogeneity Index* (HI)[2,9]. *International Commission on Radiation Units and Measurements* (ICRU) *Report 62* dan *83* menetapkan nilai untuk CI yang ideal adalah 1, untuk HI adalah 0[2,8,9,11].

Phuong, dkk sebelumnya telah melakukan penelitian yang membandingkan nilai CI dan HI pada perencanaan radioterapi dengan teknik penyinaran 3D-CRT dan IMRT dengan kasus kanker nasofaring[2]. Xianfeng, dkk juga melakukan penelitian tentang analisis dosimetri dengan membandingkan nilai CI dan HI pada perencanaan radioterapi dengan teknik penyinaran *Helical Tomotherapy* dan VMAT dengan kasus kanker serviks[12]. Rahmah, dkk juga telah melakukan penelitian analisis perencanaan radioterapi pasien kanker nasofaring dengan menentukan nilai HI dan CI dengan 5 dan 7 lapangan penyinaran pada teknik IMRT[13]. Pada penelitian ini dilakukan penelitian kesesuaian distribusi dosis dengan membandingkan nilai HI dan CI

pada 6,7 dan 8 lapangan penyinaran pada teknik 3D-CRT dengan kasus kanker serviks.

## **I.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Berapa nilai *Conformity Index* dan *Homogeneity Index* pada radioterapi kanker serviks di Rumah Sakit Universitas Hasanuddin?
2. Apakah ada pengaruh jumlah lapangan penyinaran terhadap nilai *Conformity Index* dan *Homogeneity Index* pada radioterapi kanker serviks di Rumah Sakit Universitas Hasanuddin ?

## **I.3 Tujuan Penelitian**

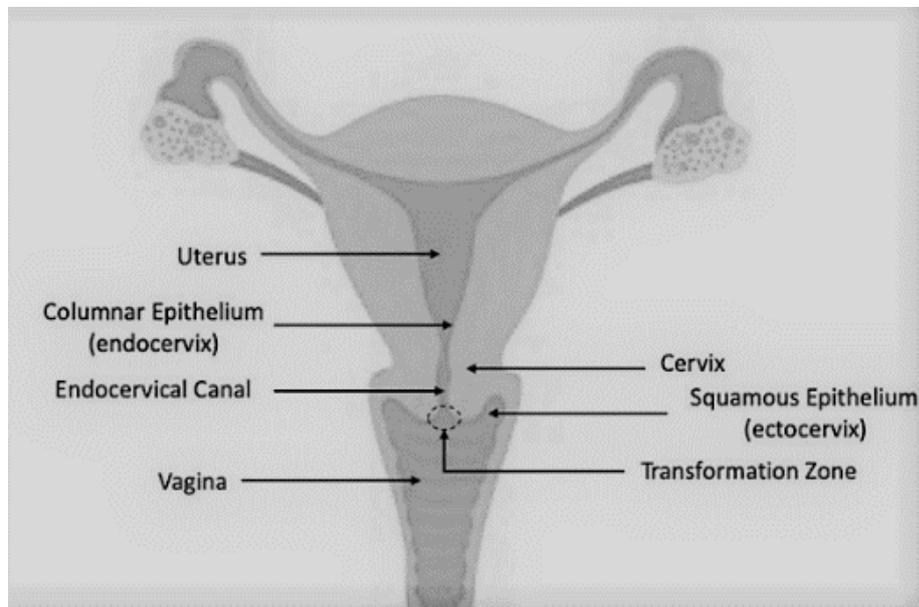
Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menentukan nilai *Conformity Index* dan *Homogeneity Index* pada radioterapi kanker serviks di Rumah Sakit Universitas Hasanuddin sesuai ketentuan ICRU Report 62 dan 83.
2. Menganalisis pengaruh jumlah lapangan penyinaran terhadap nilai *Conformity Index* dan *Homogeneity Index* pada radioterapi kanker serviks di Rumah Sakit Universitas Hasanuddin.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### II.1 Kanker Serviks

Serviks dibagi menjadi ektoserviks dan endoserviks. Ektoserviks ditutupi dengan sel epitel skuamosa berlapis dan endoserviks terdiri dari sel epitel kolumnar sederhana. Epitel skuamosa dan kolumnar membentuk sambungan skuamokolumnar di kanal endoserviks. Pertemuan daerah ini disebut dengan zona transformasi yang terdiri atas epitel metaplastic. Zona transformasi ini merupakan tempat berkembangnya kanker serviks[14].



**Gambar 2.1** Gambar anatomi organ reproduksi wanita[14]

Kanker serviks adalah kanker yang menyerang dinding rahim[14]. Kanker serviks terjadi ketika sel-sel sehat bermutasi sehingga terus tumbuh dengan tidak terkendali. Salah satu penyebab kanker serviks adalah infeksi virus *Human papillomavirus* (HPV)[15]. HPV adalah virus DNA berbentuk kapsul yang mengandung genom DNA untai ganda sekitar 7.800 pasangan basa. Virus ini akan bereplikasi setelah menginfeksi epitel yang sesuai[16]. Menurut *International Agency for Research on Cancer* ada 12 jenis HPV yang bersifat karsinogenik bagi manusia. Namun, 70% kasus kanker serviks disebabkan oleh HPV 16 dan HPV 18[15]. Penyebaran virus ini terjadi karena beberapa sebab seperti: seks bebas dan juga melahirkan anak diusia dini[17].

### **II.1.1 Stadium Kanker Serviks**

Beberapa klasifikasi kanker serviks berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia nomor HK.01.07/MENKES/349/2018 tentang pedoman nasional pelayanan kedokteran tata laksana kanker serviks yaitu[18]:

1. Stadium 0 yaitu karsinoma in situ (karsinoma preinvasif)
2. Stadium I Karsinoma serviks terbatas di uterus (ekstensi ke korpus uterus dapat diabaikan)
3. Stadium IA Karsinoma invasif didiagnosis hanya dengan mikroskop. Semua lesi yang terlihat secara makroskopik, meskipun invasi hanya superfisial, dimasukkan ke dalam stadium IB.
  - a. IA1 apabila invasi stroma tidak lebih dari 3,0 mm kedalamannya dan 7,0 mm atau kurang pada ukuran secara horizontal.
  - b. IA2 apabila invasi stroma lebih dari 3,0 mm dan tidak lebih dari 5,0mm dengan penyebaran horizontal 7,0 mm atau kurang.
4. IB apabila lesi terlihat secara klinik dan terbatas di serviks atau secara mikroskopik lesi lebih besar dari IA2.
  - a. IB1 apabila lesi terlihat secara klinik berukuran dengan diameter terbesar 4,0 cm atau kurang.
  - b. IB2 apabila lesi terlihat secara klinik berukuran dengan diameter terbesar lebih dari 4,0 cm
5. II Invasi tumor keluar dari uterus tetapi tidak sampai ke dinding panggul atau mencapai 1/3 bawah vagina.
6. IIA Tanpa invansi ke parametrium
  - a. IIA1 apabila lesi terlihat secara klinik berukuran dengan diameter terbesar 4,0 cm atau kurang.
  - b. IIA2 apabila lesi terlihat secara klinik berukuran dengan diameter terbesar lebih dari 4,0 cm.
7. IIB Tumor dengan invansi ke parametrium
8. III Tumor meluas ke dinding panggul atau mencapai 1/3 bawah vagina dan/atau menimbulkan hidronefrosis atau afungsi ginjal.
9. IIIA Tumor mengenai 1/3 bawah vagina tetapi tidak mencapai dinding panggul

- 10.IIIB Tumor meluas sampai ke dinding panggul dan/atau menimbulkan hidronefrosis atau afungsi ginjal, namun belum mencapai kelenjar getah bening.
11. III C meluas sampai ke dinding panggul dan/atau menimbulkan hidronefrosis atau afungsi ginjal, sudah mencapai kelenjar getah bening
11. IVA Tumor menginvasi mukosa kandung kemih atau rektum dan/atau meluas keluar panggul kecil (true pelvis).
12. IVB Metastasis jauh (termasuk penyebaran pada peritoneal, keterlibatan dari kelenjar getah bening supraklavikula, mediastinal, atau para aorta, paru, hati, atau tulang)

## **II.2 Radioterapi**

Radioterapi merupakan salah satu pengobatan kanker yang menggunakan radiasi pengion. Metode radioterapi ada dua yaitu *brachytherapy* dan teletrapi[19]. *Brachytherapy* merupakan salah satu metode radioterapi dengan cara memasukkan bahan radioaktif di lokasi kanker guna melindungi jaringan terdekat[14]. Teletrapi adalah metode terapi dengan penyinaran radiasi jarak jauh. Metode yang umum digunakan adalah teletrapi, yang terdiri dari pesawat terapi *Cobalt-60* (Co-60), pesawat terapi Cesium-137 (Cs-137), dan pesawat terapi *Linear Accelerator* (LINAC). Penggunaan LINAC untuk keperluan radioterapi menggunakan energi radiasi elektron (4, 6, 9, 12, 15, dan 18) MeV dan radiasi foton 6 dan 10 MV[19].

Radioterapi terdiri atas beberapa tahapan yaitu: pencitraan, perencanaan penyinaran, simulasi, aksesoris radioterapi, pemberian radiasi dan pemantauan pasien. Proses pencitraan adalah langkah untuk mendiagnosa pasien melalui citra yang telah diambil. Pencitraan memberikan informasi seperti volume kanker, bentuk kanker, lokasi kanker dan organ sekitar yang beresiko. Modalitas pencitraan yang biasa digunakan yaitu *Computed Tomography* (CT), *Positron Emission Tomography* (PET), *Single Photon Emission Tomography* (SPECT), dan *Magnetic Resonance Imaging* (MRI)[20].

Selama proses simulasi, berbagai data pasien seperti massa kanker, tinggi badan, berat badan, indeks massa tubuh, paparan radiasi sebelumnya, citra medis internal pasien dianalisis untuk mendapatkan hasil terbaik. Selama proses

perencanaan diperhatikan beberapa hal seperti: estimasi kegagalan, perhitungan pergerakan organ, pemilihan teknik penyinaran, intensitas penyinaran, margin perencanaan, dan perhitungan dosis radiasi. Proses aksesori radioterapi biasa digunakan untuk membatasi gerakan pasien sehingga pemberian dosis radiasi lebih akurat. Proses selanjutnya yaitu pemberian dosis radiasi kepada pasien. Dosis adalah energi yang disimpan per satuan massa. Tujuan utama dari proses radioterapi adalah membunuh sel-sel kanker dengan menggunakan radiasi pengion sambil meminimalisir radiasi ke organ sehat disekitar kanker[20].

### **II.2.1 Teknik Penyinaran Radioterapi**

Teknik penyinaran radioterapi terdiri atas: *Three-Dimensional Conformal Radiation Therapy* (3D-CRT), *Intensity Modulated Radiotherapy* (IMRT), *Volumetric Modulation Arc Therapy* (VMAT)[7,8,9,21]. 3D-CRT merupakan teknik penyinaran dimana radiasi menyesuaikan dengan bentuk volume target[21]. Teknik ini menggunakan lapangan radiasi yang tidak beraturan sesuai bentuk kanker dan intensitas radiasi yang seragam pada setiap arah lapangan[19]. 3D-CRT diawali dengan pengambilan CT Scan pasien. Hasil CT Scan diserahkan ke komputer *Treat Planning System* (TPS)[21].

Dokter menandai setiap irisan CT volume yang diperlukan untuk dirawat. Komputer menghasilkan gambar tiga dimensi dari volume yang akan dirawat dan menyrot QAR. Hal ini membantu menentukan susunan penyinaran yang baik dan perhitungan distribusi dosis optimal [21]. IMRT merupakan lanjutan dari 3D-CRT. Teknik ini menggunakan perangkat lunak dan perangkat keras canggih untuk memvariasikan bentuk dan intensitas radiasi yang diradiasikan ke target kanker [21].

### **II.2.2 Perencanaan Radioterapi**

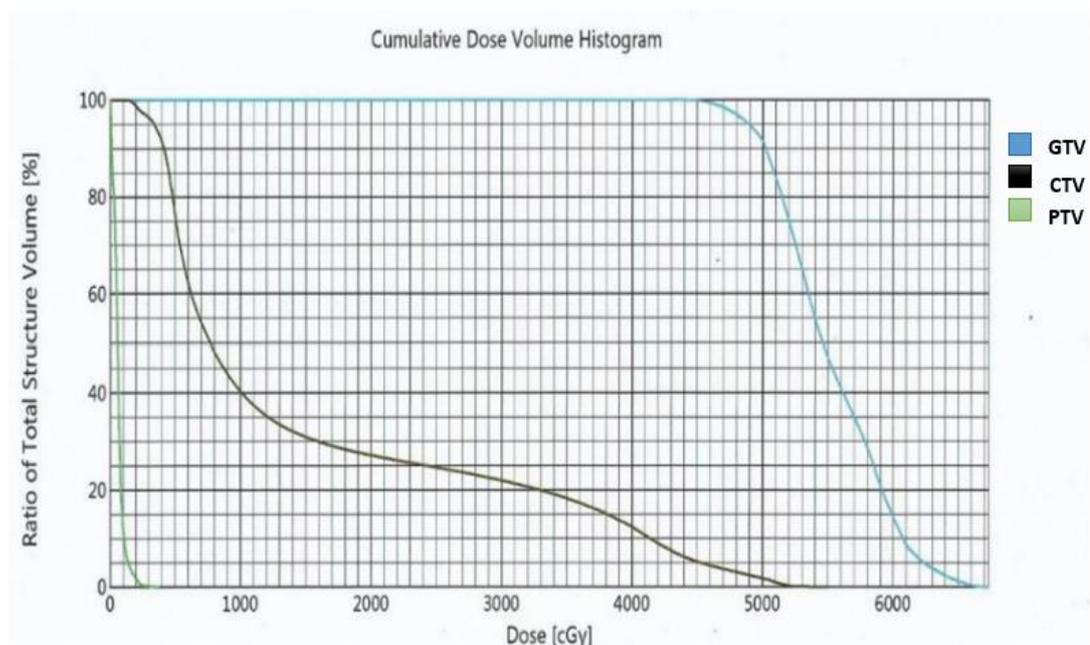
Perencanaan radioterapi dilakukan menggunakan komputer *Treatment Planning System* (TPS). TPS adalah suatu sistem komputer khusus yang digunakan untuk membuat rencana pengobatan dengan radiasi. Rencana perawatan ini dilakukan dengan menentukan distribusi dosis pada volume perawatan[22]. Parameter yang digunakan dalam menentukan volume perawatan dijelaskan dalam ICRU Repot

62 dan 83. *Gross Tumor Volume* (GTV) merupakan besar dan lokasi tumor ganas yang terlihat. *Clinical Target Volume* (CTV) merupakan jaringan yang berisi GTV atau penyakit ganas mikroskopis sub-klinis yang harus dihilangkan.

*Planning Target Volume* (PTV) adalah volume target pada perencanaan. PTV dipilih dengan mempertimbangkan efek bersih dari semua kemungkinan variasi geometris dan ketidakakuratan untuk memastikan dosis yang ditentukan benar-benar diserap dalam CTV. *Treated Volume* adalah volume tertutup oleh permukaan isodose yang dipilih dan ditentukan oleh ahli onkologi radiasi yang sesuai untuk mencapai tujuan pengobatan. *Irradiated Volume* (IRV) adalah volume yang menerima dosis yang dianggap signifikan dalam kaitannya dengan toleransi jaringan normal[23]. TPS juga dirancang untuk melindungi *Organ At Risk* (QAR)[2]. QAR adalah jaringan normal di sekitar PTV yang beresiko terkena paparan radiasi[23].

### II.3 Dose Volume Histogram

Contoh *Dose Volume Histogram* (DVH) dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



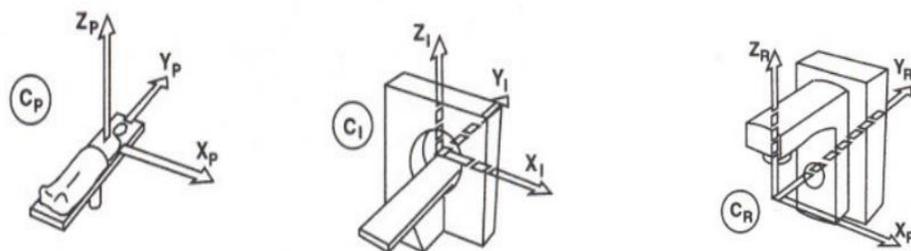
**Gambar 2.3** Gambar *Dose Volume Histogram* (DVH)[13]

Data dari TPS disajikan dalam bentuk kurva *isodose* dan *Dose Volume Histogram* (DVH)[9]. Kurva isodosis adalah kurva yang menggambarkan besarnya energi radiasi yang terdistribusi pada volume target dan QAR. DVH

adalah grafik histogram yang menunjukkan hubungan antara volume target dan QAR dengan dosis radiasi yang berupa sumbu x dan y. Sumbu x menunjukkan besarnya dosis radiasi yang diterima dalam satuan cGy. Sumbu y menunjukkan persentase normal volume target dan QAR[22,23].

#### II.4 Sistem Koordinat Penyinaran Radioterapi

Untuk mendapatkan terapi radiasi yang akurat, sangatlah penting mengatur posisi jaringan, organ atau volume kanker pada pasien dengan sumber radiasi pada alat pencitraan dan radioterapi. Posisi dan orientasi alat pencitraan dan radioterapi ditentukan dalam sistem koordinat yang terkait dalam alat ini. Sistem koordinat didefinisikan dengan salah satu titik referensi sebagai asal dan titik referensi lainnya untuk orientasi system dan keselarasan. Titik referensi berfungsi untuk menghubungkan sistem koordinat karena dapat didefinisikan dalam koordinat pasien dan mesin.



**Gambar 2.4** Gambar sistem koordinat (Cp yaitu sistem koordinat untuk pasien, Ci sistem koordinat pencitraan, Cr sistem koordinat radioterapi)[24]

Ada tiga jenis sistem koordinat yang terlibat dalam rencana dan pelaksanaan perawatan radioterapi: sistem koordinat untuk pasien, sistem koordinat terkait alat pencitraan dan sistem koordinat terkait alat radioterapi. Sistem koordinat untuk pasien didasarkan pada titik referensi internal atau eksternal pasien. Sistem koordinat alat pencitraan dan radioterapi ditentukan dengan posisi gantri, kolimator, sinar radiasi, sinar cahaya, sinar pelurus laser dan sistem sofa atas[24].

#### II.4 Conformity Index

CI adalah nilai yang menunjukkan kesesuaian distribusi dosis yang diterima oleh PTV. Nilai CI tanpa satuan dan memiliki interval nilai dari 0 sampai 1. Nilai

CI menunjukkan seberapa baik distribusi radiasi mengikuti bentuk target[8]. Nilai ideal dari CI berdasarkan ICRU *Report 62* adalah 1 karena mengindikasikan titik hotspot tumpang-tindih dengan PTV. CI lebih besar dari 1 berarti volume yang disinari lebih besar dari PTV. CI kurang dari 1 menunjukkan PTV yang disinari hanya sebagian[9]. Nilai CI dapat dihitung menggunakan persamaan berikut [9] :

$$CI = \frac{V_{95}}{V_{PTV}} \quad (2.1)$$

Keterangan :

CI = Conformity Index

$V_{95}$  = Volume PTV yang menerima 95% dosis (%)

$V_{PTV}$  = Total volume PTV (%)

### **II.5 Homogeneity Index**

HI adalah ukuran keseragaman dosis yang diterima oleh PTV. Nilai HI tanpa satuan dan memiliki interval 0 sampai 1. Nilai ideal dari HI berdasarkan ketetapan ICRU *Report 83* adalah nol. Nilai HI mendekati nol menunjukkan distribusi dosis yang lebih homogen dalam PTV [8]. Dalam ICRU Report 83 untuk menentukan nilai HI dapat menggunakan persamaan (2.2)[25].

$$HI = \frac{D_{2\%} - D_{98\%}}{D_{50\%}} \quad (2.2)$$

Keterangan :

HI = Homogeneity Index

$D_{2\%}$  = Dosis yang mencakup 2% volume PTV (Gy)

$D_{98\%}$  = Dosis yang mencakup 98% volume PTV (Gy)

$D_{50\%}$  = Dosis yang mencakup 50% volume PTV (Gy)