JFT: Jurnal Fisika dan Terapannya (2025) Vol. 12 (2): 231 - 243
DOI: 10.24252/jft.v12i2.59407

JFT: Jurnal Fisika dan Terapannya
p-ISSN: 2302-1497, e-ISSN: 2715-2774
http://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/jft

Analisis Perbandingan Nilai NTID OAR *Sigmoid Colon*, CI, dan HI pada Teknik 3D-CRT dan IMRT terhadap Kanker Rektum

Nurhikma Aris[1], Syamsir Dewang[1*], Saleha[2], Sri Dewi Astuty[1], Ayu Hardianti Pratiwi[1], Ajeng Anggreny Ibrahim[1]

[1]*Laboratorium Optik dan Spektroskopi, Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, Indonesia, 90245*
[2]*Instalasi Radioterapi, Rumah Sakit TK II Pelamonia, Makassar, Sulawesi Selatan, Indonesia 90157*

Email: dewang1163@gmail.com
**Corresponding Author*

Abstrak

Telah dilakukan penelitian yang menganalisis perbandingan nilai *Normal Tissue Integral Dose* (NTID) OAR *sigmoid colon, Conformity Index* (CI), dan *Homogeneity Index* (HI) pada kanker rektum yang menggunakan teknik 3D-CRT dan teknik IMRT berdasarkan *Treatment Planning System* (TPS) terhadap 5 pasien kanker rektum. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbandingan nilai NTID OAR *sigmoid colon*, CI, dan HI dengan menggunakan teknik 3D-CRT dan teknik IMRT. Metode penelitian ini dilakukan dengan menggunakan data 5 pasien kanker rektum di Rumah Sakit TK II Pelamonia dengan dosis radiasi yang diberikan bernilai 2 Gy dengan 25 kali fraksi sehingga total dosis radiasi bernilai 50 Gy. Data dikumpulkan melalui analisis *Dose Volume Histogram* (DVH), yang mencakup volume kanker yang menerima dosis sebesar 95%, volume total kanker, dosis radiasi pada saat 2%, 50%, 98%, dosis rata-rata dan volume *Organ at Risk* (OAR). Hasil penelitian menunjukkan nilai NTID pada OAR *sigmoid colon* pada teknik 3D-CRT yaitu 0,87-21,11 Gy dan teknik IMRT 2,7-9,86 Gy. Kemudian, didapatkan nilai pada CI berkisar antara 0,95 hingga 0,99 untuk kedua teknik dan nilai HI untuk teknik 3D-CRT 0,07- 0,18 dan teknik IMRT 0,08-0,13 yang tidak melebihi angka 1, yang mengindikasikan bahwa kurva isodosis pada dosis preskripsi mampu mencakup seluruh Planning Target Volume (PTV) secara tepat dan menyeluruh.
Kata kunci: 3D-CRT; IMRT; Kanker Rektum; NTID; *Sigmoid Colon*.

Abstract

A study was conducted to analyze the comparison of Normal Tissue Integral Dose (NTID) in the sigmoid colon OAR, Conformity Index (CI), and Homogeneity Index (HI) in rectal cancer cases using 3D-CRT and IMRT techniques based on data from the Treatment Planning System (TPS) for five rectum cancer patients. The objective of this study was to compare the NTID values of the sigmoid colon OAR, as well as CI and HI, between the 3D-CRT and IMRT techniques. The research was conducted using data from five rectum cancer patients treated at TK II Pelamonia Hospital, where each patient received a total radiation dose of 50 Gy, delivered in 25 fractions of 2 Gy per session. Data were collected through analysis of the Dose Volume Histogram (DVH), which included the volume of the tumor receiving 95% of the prescribed dose, total tumor volume, radiation doses at 2%, 50%, and 98% of the target volume, mean dose, and the volume of the Organ at Risk (OAR). The

results showed that the NTID values for the sigmoid colon OAR ranged from 0.87 to 21.11 Gy for the 3D-CRT technique, and from 2,7 to 9,86 Gy for the IMRT technique. The CI values for both techniques ranged from 0.95 to 0.99, while the HI values were between 0,07 and 0,18 for 3D-CRT, and 0,08 to 0,13 for IMRT none of which exceeded the value of 1, which *indicates that the isodose curve at the prescribed dose is able to accurately and completely encompass the entire Planning Target Volume (PTV).*
Keywords: *19*

1. PENDAHULUAN

Kanker adalah salah satu penyakit paling mematikan di dunia. Berdasarkan data yang dilansir dari website GLOBOCAN tahun 2022, ada sekitar 19,7 juta kasus yang mengidap kanker. Kanker rektum merupakan bagian dari kanker kolorektal yang menempati peringkat keempat dari jenis kanker yang paling umum di Indonesia, dengan jumlah kasus 16.193 dan jumlah kematian 8.669 jiwa [1]**.** Kanker rektum adalah jenis kanker yang terjadi di bagian akhir usus besar yang menghubungkan usus besar ke anus. Kanker ini biasanya dimulai dari polip kecil yang tumbuh dan berkembang di sekitar dinding rektum yang kemudian menjadi tumor ganas [2]. Beberapa tindakan pengobatan seperti pembedahan, kemoterapi, dan radioterapi [3].

Radioterapi adalah salah satu metode pengobatan kanker yang menggunakan radiasi pengion untuk menghancurkan sel-sel kanker [4]. Pengobatan pada pasien radioterapi dimulai dari Admimistrasi Radioterapi, lalu konsultasi di poli dengan dokter spesialis onkologi radiasi, selanjutnya dilakukan planning CT Simulator dan hasilnya dikirim ke TPS. Setelah mendapat persetujuan dokter onkologi, pasien dapat menjalani penyinaran di LINAC *Synergy Platform* [5]. *Treatment Planning System* (TPS) adalah sistem perencanaan terapi radiasi yang menggunakan komputer [6]. Dalam TPS, tahapan perencanaan meliputi konturing organ untuk menentukan target penyinaran, pengaturan *Beam's Eye View* (BEV) untuk menentukan sudut penyinaran pada pasien, serta penentuan distribusi dosis pada target. Hasil dari perencanaan ini ditampilkan dalam bentuk grafik *Dose Volume Histogram* (DVH) yang menunjukkan distribusi dosis radiasi pada setiap struktur yang dipertimbangkan [7].

Dalam perencanaan radioterapi, teknik penyinaran yang umum digunakan meliputi 3D-*Conformal Radiation Therapy* (3D-CRT) dan *Intensity Modulated Radiation Therapy* (IMRT). Teknik 3D-CRT menggunakan metode *forward planning*, yaitu proses perencanaan dioptimasi secara manual oleh fisikawan medis melalui pengaturan parameter seperti pembobotan dan segmentasi berkas, serta pengendalian *Multi Leaf Collimator* (MLC) untuk memfokuskan dosis pada tumor dan meminimalkan paparan ke jaringan sehat [8]. Sementara itu, IMRT merupakan pengembangan dari 3D-CRT yang menggunakan metode inverse planning dan memungkinkan pembentukan berkas radiasi menjadi lebih kecil dengan intensitas yang bervariasi. IMRT dapat menghasilkan distribusi dosis yang lebih presisi terhadap target sekaligus mengurangi risiko terhadap organ di sekitarnya. [9].

Pada *Treatment Planning System* (TPS), terdapat dua target iradiasi utama, yaitu *Planning Target Volume* (PTV) dan *Organ at Risk* (OAR). PTV mencakup seluruh volume tumor beserta margin jaringan di sekitarnya untuk memastikan sel kanker menerima dosis

optimal, sementara OAR merupakan organ sehat di sekitar area target yang sensitif terhadap radiasi. Informasi dosis yang diterima oleh PTV dan OAR diperoleh dari analisis *Dose Volume Histogram* (DVH) [10]. Dalam perencanaan radioterapi, penting untuk memastikan bahwa jaringan sehat tidak menerima dosis melebihi batas yang telah ditentuka, karena OAR tetap akan menerima sebagian dosis meskipun target utama adalah tumor [8][11]. Untuk mengevaluasi risiko terhadap OAR, digunakan parameter *Normal Tissue Integral Dose* (NTID) yang menghitung total dosis yang diterima jaringan sehat dan potensi efek samping jangka panjang [11]. Perencanaan ini mengacu pada standar dari *International Commission on Radiation Units* (ICRU), termasuk batas toleransi dosis untuk *sigmoid colon* yang ditetapkan sebesar V40Gy < 60% [10][12]..

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai NTID *sigmoid colon,* nilai CI *dan* HI pada teknik untuk mengevaluasi perencanaan radioterapi yang efektif sesuai dengan batas aman yang ditetapkan oleh standar internasional ICRU dan memberikan gambaran terkait perbandingan nilai NTID pada OAR *sigmoid colon* dengan menggunakan teknik 3D-CRT dan IMRT pada kasus rektum. Meskipun teknik 3D-CRT dan IMRT telah banyak digunakan dalam perencanaan radioterapi kanker rektum, kajian yang secara spesifik membandingkan nilai *Normal Tissue Integral Dose* (NTID) pada OAR *sigmoid colon* serta hubungannya dengan parameter *Conformity Index* (CI) dan *Homogeneity Index* (HI) berdasarkan standar internasional ICRU masih terbatas. Oleh karena itu, diperlukan penelitian yang mengevaluasi dan membandingkan efektivitas kedua teknik tersebut dalam meminimalkan dosis radiasi pada jaringan sehat tanpa mengurangi kualitas distribusi dosis pada target terapi, sehingga diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih luas mengenai nilai *Normal Tissue Integral Dose* (NTID) serta pentingnya memastikan bahwa paparan radiasi pada jaringan sehat tetap berada dalam batas aman yang ditetapkan oleh standar internasional dalam perencanaan radioterapi.

2. METODE PENELITIAN

a) Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu *Software* TPS *Eclipse* dan *Microsoft Excel*, sedangkan bahan yang digunakan adalah data rekam medis pasien kanker rektum. Untuk perencanaan radioterapi di *Treatment Planning System* (TPS), terdapat perangkat yang digunakan yaitu komputer yang disertai dengan *Software Eclipse,* yang berfungsi untuk proses *counturing* dan menampilkan kurva DVH. *Microsoft Excel* digunakan untuk mendukung analisis, pengolahan data dan pembuatan grafik. Data yang diolah berasal dari rekam medis pasien, sehingga penelitian ini berlandaskan data klinis yang nyata.



Gambar 1. *Software* TPS *Eclipse*

b) Metode Pengambilan Data

Pada penelitian ini menggunakan data rekam medis 5 pasien penderita kanker rektum yang sebelumnya telah melakukan pengambilan gambar di CT-*Simulator*. Jumlah sampel dibatasi pada lima pasien karena keterbatasan ketersediaan pasien yang memenuhi kriteria penelitian di rumah sakit tempat penelitian dilaksanakan. CT-Sim menghasilkan citra kanker dan organ sehat di sekitarnya secara akurat. Citra yang telah diambil akan dikontur oleh dokter spesialis onkologi. Pengkonturan ini dilakukan untuk menggambarkan batas volume pada PTV dan OAR. Selanjutnya, citra yang telah dikontur tersebut akan digunakan untuk perencanaan teknik 3DCRT dan IMRT untuk mendapatkan nilai CI dan HI, kemudian pada grafik DVH dilihat untuk mendapatkan nilai dosis radiasi pada PTV serta dosis radiasi jaringan normal di luar kanker pada bagian seluruh organ. Pada saat perencanaan radioterapi di TPS, penyinaran kasus kanker rektum pada RS Pelamonia diberikan nilai dosis sebesar 50 Gy yang diberikan secara bertahap dalam 25 kali fraksinasi dengan jumlah dosis radiasi 2 Gy di setiap fraksinya.

c) Analisis Data NTID OAR Sigmoid colon

Analisis *Normal Tissue Integral Dose* (NTID) OAR *Sigmoid colon* dalam penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi jumlah total dosis radiasi yang diserap oleh *sigmoid colon* pada pasien kanker rektum yang melakukan terapi dengan teknik 3D-CRT dan IMRT. *Integral Dose* yang diukur pada jaringan sehat dikenal sebagai *Normal Tissue Integral Dose* (NTID). Nilai NTID diperoleh menggunakan persamaan berikut:

$$NTID = mean\ dose \times Volume\ OAR \quad (1)$$

NTID dapat dihitung secara manual sebagai dosis rata-rata (*Mean Dose*) yang dikali dengan volume OAR [11]**.** Pengolahan data dilakukan dari hasil Tretment Planning System (TPS), yang divisualisasikan dalam grafik *Dose Volume Histogram* (DVH) untuk teknik 3D-CRT dan IMRT. Grafik ini menampilkan hubungan dosis radiasi pada kanker rektum dan dosis radiasi di luar target yaitu pada *Organ at Risk* (OAR) *sigmoid colon*. Adapun dosis toleransi pada OAR *Sigmoid colon* menurut ICRU *Report* 83 yaitu V40Gy < 60%. Ini berarti bahwa dalam radioterapi, maksimal 60% dari volume *sigmoid colon* pasien boleh menerima

dosis radiasi dan dosis tersebut tidak boleh melebihi 40Gy, untuk meminimalkan risiko kerusakan pada organ tersebut.

d) Analisis Nilai CI dan HI

Sebagai langkah awal menganalisis nilai *Normal Tissue Integral Dose* (NTID), salah satu metode untuk membandingkan efektivitas teknik 3D-CRT dan IMRT adalah dengan mengevaluasi distribusi dosis yang dihasilkan, yang dapat dilakukan melalui analisis nilai *Conformity Index* (CI) dan *Homogenity Index* (HI) pada kurva *Dose Volume Histogram* (DVH) [13]. Nilai CI menunjukkan besarnya perbandingan antara volume PTV yang menerima 95% dosis preskripsi dengan keseluruhan volume PTV. Adapun nilai CI yang ideal yaitu 1 yang berarti bahwa preskripsi dosis diterima secara menyeluruh pada PTV [14]. Formulasi CI adalah sebagai berikut:

$$CI = \frac{V_{95\%}}{V_{PTV}} \tag{2}$$

Dimana volume 95% adalah nilai volume kanker yang menerima dosis sebesar 95% dan volume PTV adalah volume total pada target radiasi.

Homogenity Index (HI) merupakan parameter yang menggambarkan tingkat homogenitas dosis radiasi dalam PTV. Nilai ideal HI dalam ICRU *report* 83 adalah 0, yang menujukkan seluruh dosis pada PTV homogen. Besarnya nilai HI dipengaruhi oleh dosis minimum, *mean dose* dan dosis maksimum target [12]. Nilai HI diperoleh menggunakan persamaan berikut:

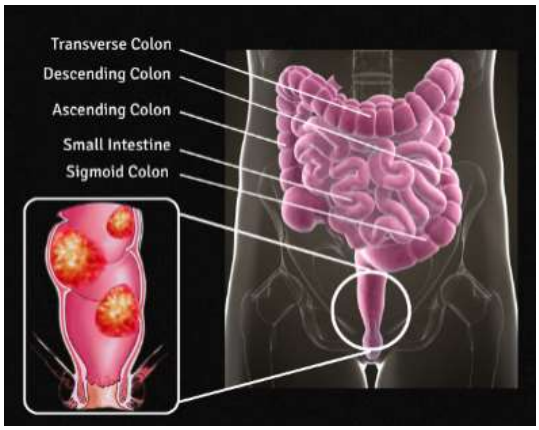
$$HI = \frac{D_{2\%} - D_{98\%}}{D_{50\%}} \tag{3}$$

Dimana $D_{2\%}$ adalah besarnya dosis yang diterima pada 2% volume PTV, $D_{98\%}$ adalah besarnya dosis pada 98% volume PTV dan $D_{50\%}$ adalah dosis yang diterima pada 50% volume PTV.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Pasien Kanker Rektum

Rektum merupakan segmen terakhir dari usus besar (*colon*) yang membentang dari ujung bawah kolon sigmoid hingga ke kanalis analis (saluran anus). Panjang rektum berkisar antara 12–15 cm dan terletak dalam rongga pelvis [15]**.**



Gambar 2. Anatomi letak kanker rektum

Pada gambar 2 terlihat hubungan anatomi antara rektum dengan struktur di sekitarnya. Posisi rektum yang berdekatan dengan berbagai *Organ at Risk* (OAR) seperti kolon sigmoid, usus halus, dan struktur panggul lainnya, yang menjadikan penentuan dosis radiasi yang tepat menjadi penting dalam perencanaan radioterapi. Kerusakan pada organ-organ tersebut akibat radiasi dapat menimbulkan efek samping yang signifikan, sehingga penting untuk mempertimbangkan distribusi dosis secara optimal [16].

Sebagai bagian dari identifikasi awal dalam penelitian ini, Tabel 1 berikut menyajikan data karakteristik pasien yang menjadi subjek penelitian, meliputi inisial pasien, jenis kelamin, dan usia.

Tabel 1. Identitas Pasien Kanker Rektum

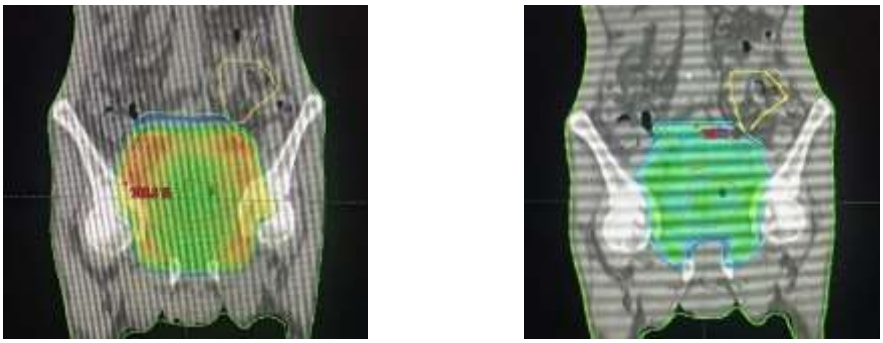
Inisial Pasien	Jenis Kelamin	Usia (tahun)
VN	Perempuan	53
S	Perempuan	51
MJT	Laki-laki	56
YAL	Laki-laki	76
AY	Laki-laki	50

Penyakit kolorektal jarang ditemukan pada individu yang berusia di bawah 40 tahun. Peningkatan insidensi mulai terlihat secara signifikan pada rentang usia 40 hingga 50 tahun, dan terus mengalami peningkatan seiring bertambahnya usia. Lebih dari 90% kasus kanker kolorektal terjadi pada individu berusia di atas 50 tahun, dengan insidensi yang tercatat lebih dari 50 kali lipat lebih tinggi pada kelompok usia 60–79 tahun dibandingkan dengan mereka yang berusia di bawah 40 tahun. Hal ini berkaitan dengan kombinasi faktor biologis, lingkungan, dan gaya hidup yang bersifat kumulatif seiring bertambahnya usia. Jenis kelamin turut menjadi salah satu faktor risiko dalam kejadian kanker kolorektal. Laki-laki menunjukkan kecenderungan peningkatan risiko terhadap kanker kolorektal di seluruh lokasi anatomis. Dibandingkan dengan perempuan, laki-laki memiliki risiko lebih dari dua kali lipat

untuk mengalami kanker kolon dan hampir tiga kali lipat lebih tinggi untuk menderita kanker rektum [13]**.**

3.2 Hasil Citra Distribusi Dosis Teknik 3D-CRT dan IMRT

Gambaran visual mengenai distribusi dosis radiasi pada target dan jaringan sekitar kanker rektum disajikan melalui gambar 3, yang menunjukkan letak OAR *sigmoid colon* dan PTV kanker rektum pada salah satu pasien berjenis kelamin laki-laki berdasarkan hasil perencanaan radioterapi dengan dua teknik yang berbeda.



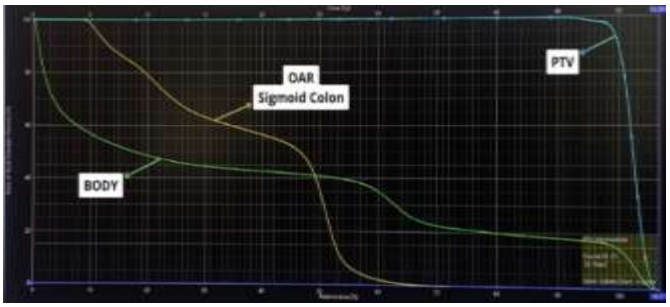
(a) (b)

Gambar 3. (a) Hasil citra teknik 3D-CRT (b) Hasil citra teknik IMRT

Gambar 3 memperlihatkan perbandingan distribusi dosis radiasi antara dua teknik radioterapi, yaitu *3D-Conformal Radiation Therapy* (3D-CRT**)** pada gambar 3(a) dan *Intensity Modulated Radiation Therapy* (IMRT) pada gambar 3(b), untuk kasus kanker rektum. Warna-warna yang tampak pada citra merupakan representasi dari isodosis, di mana warna merah menandakan dosis tertinggi dan warna biru menunjukkan dosis yang lebih rendah. Pada teknik 3D-CRT, area yang terkena dosis tinggi (merah–kuning) lebih luas dan tersebar tidak hanya pada target PTV, tetapi juga menjangkau jaringan sehat di sekitarnya. Sebaliknya, pada teknik IMRT, penyebaran dosis tampak lebih terfokus pada area target dan menyisakan area di luar target dengan dosis yang lebih rendah (hijau–biru).

3.3 Analisis Nilai NTID OAR Sigmoid Colon

Nilai *Normal Tissue Integral Dose* (NTID) pada lima pasien kanker rektum menggunakan dua teknik radioterapi, yaitu *3 Dimension Conformal Radiation Therapy* (3D-CRT) dan *Intensity-Modulated Radiation Therapy* (IMRT). Nilai NTID diperoleh dari mengalikan volume jaringan dengan dosis rata-rata yang diterima jaringan atau terdapat pada persamaan 1. Gambar 4 memperlihatkan kurva DVH dan *dose statistics* salah satu pasien.



(a)

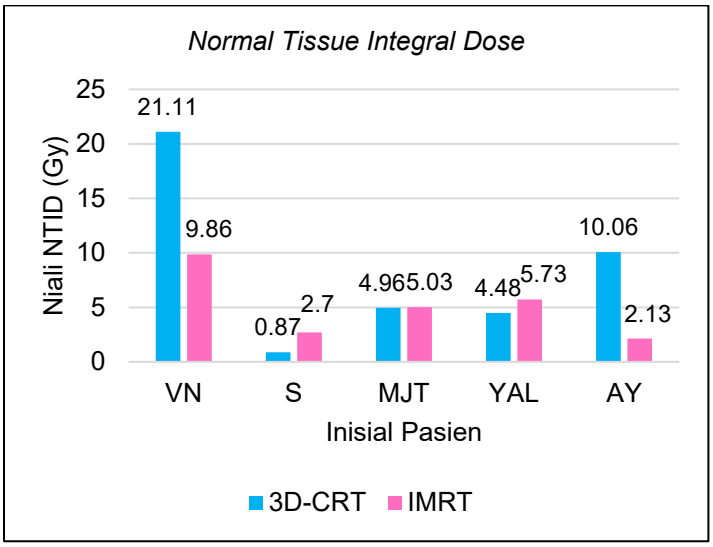
Show DVH	Structure	Approval Status	Plan	Volume [cm³]	Mean Dose [%]
	CTV_Intermediate	Approved	Plan2		
	GTVp	Approved	Plan2		
	PTV_Intermediate	Approved	Plan2	2452.0	102.0
	BODY	Approved	Plan2	22972.7	36.0
	Colon	Approved	Plan2	55.7	37.9
	NS_Ring	Approved	Plan2		

(b)

Gambar 4. (a) Kurva DVH yang menampilkan body, OAR *sigmoid colon*, dan PTV (b) *Dose statistics* untuk melihat volume organ dan dosis rata-rata pada OAR

Gambar 4(a) merupakan hasil visualisasi kurva *Dose Volume Histogram* (DVH) dari suatu perencanaan radioterapi yang memperlihatkan distribusi dosis radiasi terhadap tiga struktur anatomi. Garis berwarna biru yang menggambarkan PTV merepresentasikan distribusi dosis radiasi yang diarahkan secara spesifik ke area target, yaitu tumor atau jaringan yang mengalami keganasan. Garis kuning (OAR *sigmoid colon*) menunjukkan dosis yang diterima oleh *sigmoid colon*, yang merupakan salah satu organ sensitif yang perlu dilindungi dalam terapi kanker rektum. Garis hijau menggambarkan distribusi dosis terhadap seluruh volume tubuh pasien diluar PTV dan OAR yang dimasukkan dalam sistem TPS. Gambar 4(b) menunjukkan data volume total OAR dan *mean dose* yang diperoleh dari bagian *dose statistics* pada TPS. Kedua gambar ini saling melengkapi dalam memberikan gambaran menyeluruh terhadap kualitas perencanaan radioterapi yang diterapkan.

Nilai *Normal Tissue Integral Dose* (NTID) pada lima pasien kanker rektum menggunakan dua teknik radioterapi, yaitu *3 Dimension Conformal Radiation Therapy* (3DCRT) dan *Intensity-Modulated Radiation Therapy* (IMRT). Nilai NTID diperoleh dari mengalikan volume jaringan dengan dosis rata-rata yang diterima jaringan atau terdapat pada persamaan 1. Nilai NTID menggambarkan total energi radiasi yang diserap oleh jaringan sehat di luar target penyinaran, yang menjadi indikator penting dalam evaluasi risiko efek samping terhadap jaringan sehat di sekitarnya [17]. Adapun dosis toleransi pada *Organ at Risk* pada daerah *Whole pelvis* seperti rektum dan *sigmoid colon* yaitu ≤40 Gy [12]**.**

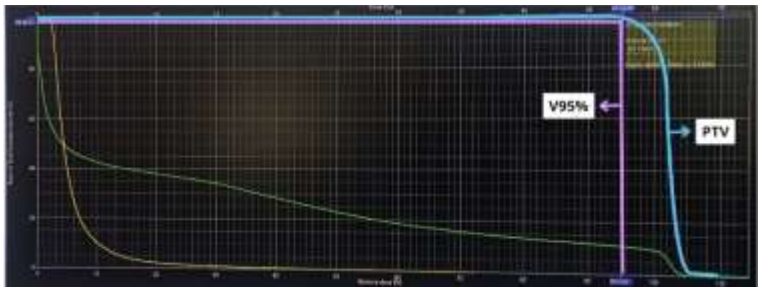


Gambar 5. Grafik nilai NTID OAR *sigmoid colon*

Gambar 5 terlihat sebagian besar pasien menunjukkan nilai NTID lebih rendah pada teknik IMRT dibandingkan dengan 3D-CRT, seperti yang terlihat pada pasien VN, nilai NTID untuk 3D-CRT sebesar 21,11 Gy, sedangkan pada IMRT hanya 9,86 Gy. Perbedaan signifikan ini menunjukkan bahwa teknik IMRT lebih efektif dalam menurunkan dosis yang diterima oleh jaringan normal *sigmoid*. Perbedaan kecil ini dapat disebabkan oleh faktor individual seperti variasi anatomi, bentuk target, dan kedekatan target dengan OAR *sigmoid colon*, yang memengaruhi optimasi distribusi dosis pada perencanaan terapi [18]**.**

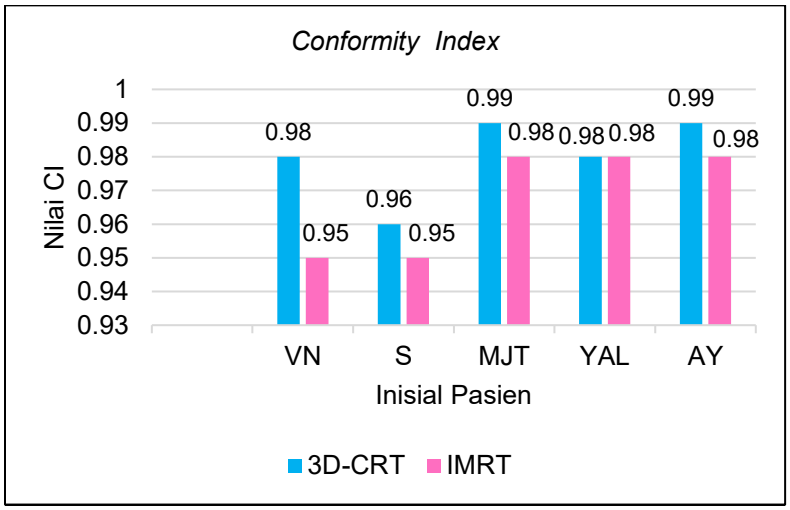
3.4 Analisis Nilai CI dan HI.

Analisis terhadap parameter nilai *Conformity Index* (CI) dilakukan dengan membandingkan nilai V95% dan total volume *Planning Target Volume* (PTV) yang diperoleh melalui kurva *Dose Volume Histogram* (DVH), berdasarkan data hasil perhitungan dari *Treatment Planning System* (TPS), kemudian dianalisis menggunakan persamaan (2). Gambar 6 memperlihatkan titik pengambilan data $V_{95\%}$ yang diambil dari salah satu pasien.



Gambar 6. Kurva DVH perhitungan nilai CI

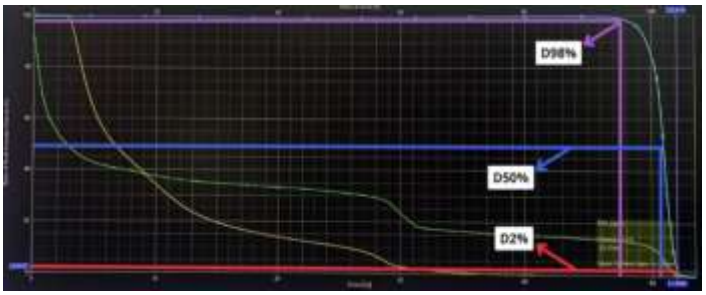
Kurva DVH untuk perhitungan CI menggambarkan hubungan antara dosis relatif terhadap volume struktur, yang memungkinkan evaluasi konformitas distribusi dosis. Selain itu, informasi mengenai total volume PTV (V_{total}) disajikan dalam bentuk data statistik dosis di bagian bawah tampilan DVH, dengan satuan sentimeter kubik (cm^3). Selanjutnya, hasil perhitungan nilai CI ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik nilai CI

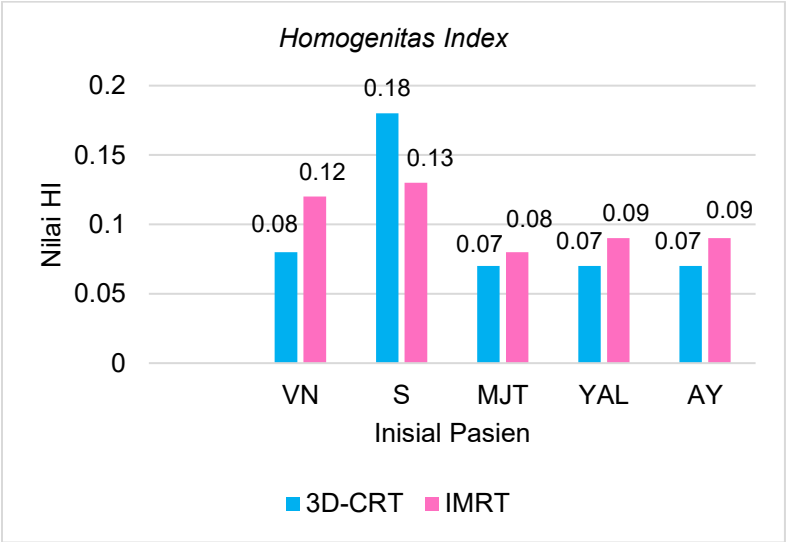
Gambar 7 memperlihatkan bahwa nilai *Conformity Index* (CI) yang diperoleh dari teknik 3DCRT dan IMRT memiliki kecenderungan yang saling mendekati. Rentang nilai CI yang ditampilkan dalam grafik berkisar antara 0,95 hingga 0,99 untuk kedua teknik, yang masih berada dalam batas standar yang ditetapkan, berdasarkan pedoman ICRU *Report* No. 83 tahun 2010, nilai CI yang ideal adalah mendekati 1, yang mengindikasikan bahwa kurva isodosis pada dosis preskripsi mampu mencakup seluruh *Planning Target Volume* (PTV) secara tepat dan menyeluruh [13]**.**

Analisis terhadap nilai *Homogeneity Index* (HI) dilakukan untuk mengevaluasi tingkat keseragaman distribusi dosis radiasi di dalam volume target. Nilai HI yang lebih kecil mengindikasikan bahwa dosis tersebar lebih merata di dalam area target. Indeks ini berfungsi untuk memastikan bahwa seluruh volume target menerima dosis radiasi yang cukup untuk mencapai efek pengobatan maksimal, sekaligus memberikan perlindungan terhadap jaringan sehat di sekitar agar tidak terpapar dosis berlebih [19]. Berikut kurva DVH salah satu pasien dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Kurva DVH perhitungan HI

Gambar 8 merupakan informasi mengenai dosis radiasi yang diperoleh melalui kurva *Dose Volume Histogram* (DVH) yang menunjukkan beberapa garis yang telah dihubungkan dengan garis PTV. Garis horizontal berwarna merah merepresentasikan dosis yang diterima oleh 2% volume *Planning Target Volume* (PTV) atau D2%, sedangkan garis horizontal berwarna biru menunjukkan dosis yang diterima oleh 50% volume PTV (D50%). Sementara itu, garis horizontal berwarna ungu menggambarkan dosis yang mencakup hampir seluruh volume target, yaitu sebesar 98% dari volume PTV (D98%). Setelah diperoleh nilai dosis radiasi yang diterima oleh 2%, 50%, dan 98% dari volume target, maka nilai *Homogeneity Index* (HI) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (3) [4].



Gambar 9. Grafik nilai HI

Pada gambar 9 menunjukkan grafik nilai HI untuk teknik 3D-CRT yang berada dalam rentang 0,07 hingga 0,18. Sementara itu, pada teknik IMRT, nilai HI berkisar antara 0,08 hingga 0,13. Berdasarkan ICRU *Report* No. 83 tahun 2010, nilai *Homogeneity Index* (HI) yang ideal adalah 0, yang menunjukkan bahwa distribusi dosis radiasi di seluruh volume target bersifat homogen. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa teknik 3D-CRT menghasilkan nilai HI yang lebih mendekati nol dibandingkan dengan teknik IMRT [11].

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis *Normal Tissue Integral Dose* (NTID), *Conformity Index* (CI), dan *Homogeneity Index* (HI) yang dievaluasi melalui kurva *Dose Volume Histogram* (DVH), dapat disimpulkan bahwa baik teknik 3D-CRT maupun IMRT telah memenuhi standar perencanaan radioterapi yang direkomendasikan oleh ICRU-83. Namun demikian, teknik IMRT secara umum menunjukkan kemampuan yang lebih baik dalam meminimalkan dosis radiasi yang diterima OAR *sigmoid colon* dibandingkan dengan teknik 3D-CRT. Hal ini mencerminkan keunggulan teknik IMRT dalam mendistribusikan dosis secara lebih konformal dan homogen pada *Planning Target Volume* (PTV), sekaligus membatasi paparan radiasi pada jaringan sehat di sekitarnya.

Keterbatasan penelitian ini terletak pada jumlah sampel yang relatif terbatas serta penggunaan data yang berasal dari satu pusat layanan kesehatan, sehingga hasil penelitian belum dapat digeneralisasi secara luas. Selain itu, penelitian ini belum mempertimbangkan variasi stadium penyakit, teknik radioterapi lain, maupun keterkaitan antara parameter dosimetri dengan *outcome* klinis pasien. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk melibatkan jumlah sampel yang lebih besar, mencakup variasi teknik radioterapi yang lebih beragam, serta mengkaji hubungan antara hasil dosimetri dengan respon klinis dan efek samping yang dialami pasien, guna memperoleh gambaran yang lebih komprehensif mengenai efektivitas dan keamanan teknik radioterapi pada kanker rektum.

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] GLOBOCAN, “International Agencyfor Research on Cancer,” World Health Organization.[Online].Available:https://gco.iarc.fr/today/en/dataviz/pie?mode=cancer&group_populations=1

[2] A. T. Hawkins *et al.*, “The American Society of Colon and Rectal Surgeons,” *Clin. Pract. Guidel.*, vol. 65, no. 2, pp. 148–177, 2022, doi: 10.1097/DCR.0000000000002323.

[3] D. Retnaningsih, E. Ferari, and R. Winarti, “Pengalaman Perawatan Kanker Kolon Stadium Akhir: Case Study,” *J. Surya Muda*, vol. 4, no. 1, pp. 37–49, 2022.

[4] M. Husni, M. A. Shafii, R. Adrial, and M. Ilyas, “Analisis Perbandingan Nilai Conformity Index dan Homogeneity Index pada Teknik 3D-CRT dan IMRT pada Kasus Kanker Payudara Berdasarkan Hasil TPS di RS UNAND,” *J. Fis. Unand*, vol. 10, no. 4, pp. 511–517, 2021.

[5] D. Agustini, A. Winanda, and L. Prananto, “Jurnal Mahasiswa dan Penelitian Kesehatan Penatalaksanaan Radioterapi pada Kanker Payudara dengan Teknik IMRT Di Instalasi Radioterapi Rumah Sakit Gading Pluit,” *JUMANTIK J. Mhs. dan Penelit. Kesehat.*, vol. 8, no. 1, pp. 36–39, 2021.

[6] Y. E. Daniartie, P. S. Wardani, D. R. P. S. Putri, R. J. Stevenly, and S. Suryaningsih, “Analisis Treatment Planning System dengan Menggunakan Teknik Box dan Teknik Antero Posterior-Postero Anterior pada Kasus Kanker Serviks,” *Progress. Phys. J.*, vol. 3, no. 1, p. 118, 2022, doi: 10.30872/ppj.v3i1.873.

[7] O. Febrietri, D. Milvita, and F. Diyona, “Analisis Dosis Radiasi Paru-Paru Pasien

Kanker Payudara dengan Teknik Three-Dimensional Conformal Radiation Therapy (3D-CRT) Berdasarkan Grafik Dose Volume Histogram (DVH)," *J. Fis. Unand*, vol. 9, no. 1, pp. 110–117, 2020.

[8] G. Novinda, "Evaluasi Dosis Foton Pada Pasien Kanker Rektum Dengan Teknik 3Dcrt Dan Imrt," *J. Pendidik. Fis. dan Ter.*, vol. 7, no. 1, pp. 51–57, 2024, doi: 10.46918/karst.v7i1.2221.

[9] Putra, Ni Putu Rita Jeniyanthi, and Ngakan Putu Daksa Ganapati, "Analisis Perhitungan Nilai Rata-Rata Pergeseran Verifikasi Geometri Menggunakan EPID Pada Pasien Kanker Payudara Di Sub Instalasi Radioterapi RSUP Prof. Dr. I.G.N.G Ngoerah," *J. Anestesi*, vol. 2, no. 1, pp. 88–100, 2023, doi: 10.59680/anestesi.v2i1.759.

[10] F. Istiqomah, M. Irsal, S. G. Sutoro, G. Winarno, and I. G. K. Wardana, "Evaluation Target Volume and Distribution Organ at Risk in Rectal Cancer Using 3D-CRT Technique Based on QUANTEC," *Int. J. Sci. Res. Sci. Technol.*, pp. 173–180, 2024.

[11] I. P. Riani *et al.*, "Analisis Parameter Perencanaan dan Evaluasi Kurva Dose Volume Histogram Pasien Kanker Glioblastoma Berdasarkan Treatment Planning System Rumah Sakit Universitas Andalas , Padang , Indonesia," *J. Fis. Unand*, vol. 13, no. 5, pp. 617–623, 2024.

[12] ICRU, "The International Commission on Radiation Units and Measurements," *J. ICRU Rep. 83*, vol. 10, no. 1, 2010, doi: 10.1093/jicru/ndq001.

[13] Y. Asri, G. N. Sutapa, I. W. B. Sudarsana, and R. Irhas, "Perbandingan Radiasi Kanker Serviks Pada Organ Bladder Dengan Radioterapi LINAC Energi 10 MV Menggunakan Teknik 3DCRT dan IMRT Di RSUP Sanglah Denpasar Comparison of Cervical Cancer Radiation in Bladder Organs with 10 MV LINAC Energy Radiotherapy Using 3D," *Bul. Fis.*, vol. 19, no. 2, pp. 98–105, 2023.

[14] ICRU, "International Commission on Radiation Units and Measurements. Prescribing, recording, and reporting electron beam therapy.," 1999.

[15] M. S. Fazeli and M. R. Keramati, "Rectal cancer: A review," *Med. J. Islam. Repub. Iran*, vol. 29, pp. 1–23, 2015.

[16] E. Kimpe *et al.*, "Quantifying societal burden of radiation-induced small bowel toxicity in patients with rectal cancer," *Front. Oncol.*, vol. 14, no. July, 2024, doi: 10.3389/fonc.2024.1340081.

[17] S. Dashnamoorthy, E. Jeyasingh, and I. Ahmed, "Comparison of normal tissue integral dose with monitor units from 3DCRT, IMRT, and Rapid Arc treatment planning methods for head and neck, pelvic and thoracic cancer sites," *Int. J. Radiat. Res.*, vol. 22, no. 4, pp. 1019–1025, 2024, doi: 10.61186/ijrr.22.4.1019.

[18] R. Ricotti *et al.*, "Dosimetric effect of variable rectum and sigmoid colon filling during carbon ion radiotherapy to sacral chordoma," *Phys. Medica*, vol. 90, no. August, pp. 123–133, 2021, doi: 10.1016/j.ejmp.2021.09.012.

[19] S. Yani, "Analisis Kurva Dose Volume Histogram (DVH) pada Teknik 3D Konformal dengan Metode Monte Carlo," *Positron*, vol. 11, no. 1, p. 19, 2021, doi: 10.26418/positron.v11i1.44052.