

Analisis Perencanaan Radioterapi Menggunakan Teknik Intensity Modulated Radiotherapy (IMRT) pada Pasien Kanker Serviks

Muhammad Iqbal S^{1,*}, Dian Milvita¹, Muhammad Ilyas²

¹Laboratorium Fisika Nuklir, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas, Kampus Unand Limau Manis, Padang, 25163

²Rumah Sakit Pendidikan Universitas Andalas, Padang

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 20 September 2022

Direvisi: 05 Oktober 2022

Diterima: 23 Oktober 2022

Kata kunci:

Conformity Index

Homogeneity Index

Intensity Modulated Radiotherapy

Kanker Serviks

Organ at Risk

Planning Target Volume

ABSTRAK

Telah dilakukan perencanaan radioterapi menggunakan teknik *Intensity Modulated Radiotherapy* (IMRT). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perencanaan radioterapi teknik IMRT pada pasien kanker serviks stadium IV. Penelitian dilakukan dengan menganalisis distribusi dosis pada *Planning Target Volume* (PTV) berdasarkan nilai *Conformity Index* (CI) dan *Homogeneity Index* (HI) serta dosis radiasi *Organ at Risk* (OAR). Perencanaan radioterapi untuk teknik IMRT dilakukan dengan *software* TPS *Eclipse* pada 5 pasien kanker serviks stadium IV dengan dosis radiasi 40 dan 50 Gy. Hasil perhitungan nilai CI untuk seluruh pasien mendekati nilai 1 sesuai standar *International Commission on Radiation Units and Measures* (ICRU) *Report* 62. Kemudian hasil perhitungan nilai HI untuk seluruh pasien mendekati nilai 0 sesuai standar ICRU *Report* 83. Seluruh nilai dosis OAR yang didapatkan sesuai dengan rekomendasi *Radiation Therapy Oncology Group* (RTOG) 1203. Perencanaan menggunakan teknik IMRT memiliki nilai rata-rata CI (0,9678) dan HI (0,0887) yang tepat untuk seluruh TPS dan dapat digunakan dalam pengobatan kanker serviks stadium IV.

Keywords:

Cervical Cancer

Conformity Index

Homogeneity Index

Intensity Modulated Radiotherapy

Organ at Risk

Planning Target Volume

Penulis Korespondensi:

Muhammad Iqbal S

Email:

muhammadiqbaljcm@gmail.com

Radiotherapy planning has been carried out using the Intensity Modulated Radiotherapy (IMRT) technique. This study aims to analyze the planning of IMRT radiotherapy techniques in stage IV cervical cancer patients. The study was conducted by analyzing the dose distribution on the Planning Target Volume (PTV) based on the Conformity Index (CI) and Homogeneity Index (HI) values, as well as the Organ at Risk (OAR) radiation dose. Radiotherapy planning for the IMRT technique was carried out with TPS Eclipse software on 5 stage IV cervical cancer patients with radiation doses of 40 and 50 Gy. The calculation of the CI value for all patients approached the value of 1 according to the International Commission on Radiation Units and Measures (ICRU) Report 62 standards. Then the results of calculating the HI value for all patients approached the value of 0 according to the ICRU Report 83 standard. All OAR dose values obtained were following recommendations for Radiation Therapy Oncology Group (RTOG) 1203. Planning using the IMRT technique has an average CI (0.9678) and HI (0.0887) that is appropriate for all TPS and can be used in the treatment of stage IV cervical cancer.

Copyright © 2023 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Kanker serviks merupakan penyakit akibat keganasan jaringan yang terjadi pada daerah serviks. Pada tahun 2010 di Indonesia, kanker serviks menduduki urutan kedua dari 10 kanker terbanyak menurut patologi anatomi (Kemenkes, 2017). Pengobatan kanker dapat dilakukan dengan cara kemoterapi, imunoterapi dan radioterapi (William dan Thwaites, 1993). Radioterapi merupakan metode pengobatan penyakit menggunakan sinar radiasi pengion untuk membunuh sel kanker (Susworo, 2007). Salah satu alat radioterapi yang umum digunakan adalah *Linear Accelerator* (Linac). Linac dirancang untuk menghasilkan berkas elektron dan foton dalam pengobatan kanker. Berkas elektron digunakan untuk pengobatan di permukaan tubuh seperti kanker kulit, sedangkan berkas foton digunakan untuk pengobatan di dalam jaringan seperti kanker serviks, payudara, dan kanker nasofaring.

Linac mengalami perkembangan teknologi dan teknik radioterapi, salah satunya *Intensity Modulated Radiotherapy* (IMRT). IMRT merupakan teknik yang menggunakan komputer saat melakukan pengobatan (Susworo, 2007). Penggunaan IMRT harus dilakukan uji kesesuaian perencanaan radioterapi untuk menentukan teknik terapi radiasi telah sesuai dengan ukuran, letak, dan penyebaran kanker. Analisis perencanaan radioterapi atau *Treatment Planning System* (TPS) pada teknik IMRT ditujukan untuk kesesuaian perhitungan dosis radiasi yang diberikan pada pasien kanker serviks. TPS adalah perencanaan radioterapi dengan tujuan memaksimalkan sebaran dosis pada target dan meminimalkan risiko pada organ sehat di sekitar kanker atau *Organ At Risk* (OAR).

Mijnheer dkk. (2013) melakukan uji kesesuaian dosis dengan metode *in vivo* berbasis *Electronic Portal Imaging Device* (EPID). EPID adalah perangkat terintegrasi pada Linac. Distribusi dosis didapat dari *Dose Volume Histogram* (DVH). DVH adalah grafik yang menampilkan distribusi dosis yang diterima oleh target dan OAR. Parameter yang didapat dari DVH yaitu dosis median ($D_{50\%}$), dosis hampir maksimum ($D_{2\%}$) dan dosis dekat minimum ($D_{98\%}$) pada volume target. Perbandingan dosis TPS dan penyinaran pada EPID sangat akurat.

Huang dkk. (2017) melakukan verifikasi distribusi dosis tiga dimensi teknik IMRT menggunakan EPID dengan 30 TPS. Hasil penelitian menunjukkan perbedaan dosis antara rekonstruksi EPID dan perhitungan TPS berada dalam 3% untuk $D_{95\%}$, $D_{98\%}$, dan D_{mean} di setiap Planning Target Volume (PTV). PTV adalah volume target dalam radioterapi. Penyimpangan dosis pada OAR dapat ditentukan berdasarkan DVH. Perbandingan hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa penelitian dapat diterapkan untuk verifikasi dosis dengan teknik IMRT.

Purwaningsih dkk. (2020) membandingkan perencanaan radioterapi menggunakan teknik IMRT pada pasien servik IIB. Kesimpulan hasil analisis dari nilai *Conformity Index* (CI) dan *Homogeneity Index* (HI) yaitu *manual 30°* tanpa margin PTV. CI adalah nilai konformitas dosis yang diterima oleh PTV sedangkan HI adalah nilai homogenitas dosis yang diterima oleh PTV. Nilai CI dan HI yang didapatkan telah sesuai rekomendasi *International Commission on Radiation Units and Measures* (ICRU) *Report 62* dan *83*. Namun rata-rata nilai HI pada penelitian ini mendekati nilai 1, yang kurang sesuai dengan rekomendasi ICRU 83.

Elvira dkk. (2021) melakukan perencanaan radioterapi pada pasien kanker nasofaring stadium III menggunakan teknik IMRT. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis nilai CI, HI, dan dosis radiasi OAR. Nilai dosis OAR yang didapatkan sesuai dengan rekomendasi *Radiation Therapy Oncology Group* (RTOG) 0615.

Savitri dkk. (2022) melakukan penelitian menggunakan teknik IMRT dengan energi 6 MV pada kanker serviks. Perencanaan radioterapi akan dianalisis distribusi dosis pada PTV melalui nilai CI dan HI serta OAR *Rectum*. Hasil penelitian didapatkan nilai rata-rata CI sebesar 1,019668 dan rata-rata nilai HI sebesar 0,0931. Persentase dosis rata-rata organ rektum yaitu 87%. Teknik IMRT lebih baik untuk perencanaan radioterapi karena mengurangi dosis serap pada OAR.

Penelitian ini menganalisis ketepatan perencanaan radioterapi menggunakan teknik IMRT pada kasus kanker serviks stadium IV. Rekam medis 5 pasien kanker serviks stadium IV digunakan dalam penelitian sebagai data awal pembuatan TPS. Analisis dilakukan terhadap PTV berdasarkan perhitungan nilai CI dan HI serta dosis radiasi yang diterima OAR yang diperoleh dari grafik DVH. Alat yang digunakan adalah Linac *Clinac CX* terintegrasi EPID di RSP Universitas Andalas. Uji kesesuaian perencanaan radioterapi teknik IMRT dilakukan berdasarkan standar ICRU *Report 62* (1999) dan *83* (2010) serta RTOG 1203.

II. METODE

2.1 Alat dan Bahan Penelitian

Penelitian menggunakan rekam medis pasien kanker serviks stadium IV. Alat yang digunakan untuk mendapatkan rekam medis pasien kanker serviks adalah CT-Simulator merk TOSHIBA. Perencanaan radioterapi berdasarkan rekam medis menggunakan *software* TPS *Eclipse*.

2.2 Perencanaan Radioterapi IMRT

Perancangan TPS dilakukan di ruang perencanaan sesuai rekam medis pasien kanker serviks stadium IV. Komputer *console* yang ter-*install software* TPS *Eclipse* digunakan oleh peneliti untuk melakukan perencanaan radioterapi. Dosis radiasi yang diberikan sesuai jenis terapi yang digunakan pada tiap pasien, yaitu terapi kuratif dan paliatif. Terapi kuratif diberikan pada kasus kanker dalam masa penyembuhan atau dilanjutkan dengan brakiterapi. Terapi paliatif diberikan pada kasus kanker yang sudah meluas ke organ lain atau sulit untuk disembuhkan dengan radioterapi. Terapi paliatif bertujuan untuk mengurangi rasa sakit pada pasien. Terapi yang diberikan kepada 5 rekam medis pasien kanker serviks terbagi atas dua jenis yaitu paliatif dan kuratif yang ditentukan oleh dokter. Dosis terapi dan jenis terapi pasien dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Data Rekam Medis Pasien Kanker Serviks Stadium IV

No	Inisial Pasien	Dosis Terapi	Jenis Terapi
1	R	5000	Kuratif
2	KS	5000	Kuratif
3	BDS	4000	Paliatif
4	D	5000	Kuratif
5	F	4000	Paliatif

Batasan dosis dan fraksi penyinaran di-*input* sesuai rekam medis tiap pasien. Setelah seluruh data di-*inputkan*, dilakukan perhitungan dosis agar sesuai tujuan radiasi. Apabila dosis berlebih dan tidak sesuai standar akan dilakukan perhitungan ulang pada semua lapangan penyinaran. Selanjutnya dilakukan pengambilan data berdasarkan grafik DVH untuk melihat kesesuaian dosis radiasi pada TPS sesuai standar yang ditetapkan.

2.3 Analisis Data

Analisis dilakukan berdasarkan parameter yang diperoleh dari grafik DVH yaitu CI, HI dan dosis radiasi yang diterima oleh OAR. Nilai CI diperoleh berdasarkan data volume PTV yang menerima 95% dosis preskripsi (V_{95}) dan volume keseluruhan PTV yang menerima dosis radiasi (V_{PTV}). Nilai CI mengindikasikan titik *hotspot* yang tumpang tindih dengan PTV. Nilai CI memiliki interval 0 sampai 1 dan tidak memiliki satuan. Data yang dibutuhkan selanjutnya diolah berdasarkan standar ICRU Report 62 (1999) seperti yang ditunjukkan pada persamaan 1.

$$CI = \frac{V_{95}}{V_{PTV}} \quad (1)$$

Confirmity Index (CI), V_{95} merupakan volume PTV yang menerima 95% dosis preskripsi (%), dan V_{PTV} merupakan total volume PTV (%).

Nilai HI diperoleh berdasarkan data dosis yang mencakup 2% ($D_{2\%}$), 50% ($D_{50\%}$), dan 98% ($D_{98\%}$) dari PTV dalam satuan Gy. Nilai HI mengindikasikan homogenitas dosis radiasi yang diterima oleh PTV. Nilai HI memiliki interval 0 sampai 1 dan tidak memiliki satuan. Data selanjutnya diolah berdasarkan standar ICRU Report 83 (2010) seperti yang ditunjukkan pada persamaan (2).

$$HI = \frac{D_{2\%} - D_{80\%}}{D_{50\%}} \quad (2)$$

Homogeneity Index (HI), $D_{2\%}$ merupakan dosis yang mencakup 2% volume PTV (Gy), $D_{50\%}$ merupakan dosis yang mencakup 50% volume PTV (Gy) dan $D_{98\%}$ merupakan dosis yang mencakup 98% volume PTV (Gy).

Nilai CI dan HI dari perhitungan sebelumnya dianalisis dan dibandingkan. Nilai CI yang ideal mendekati 1 dan nilai HI yang ideal mendekati 0. Analisis dosis radiasi pada OAR dilakukan dengan membandingkan dosis radiasi pada perencanaan terapi teknik IMRT dengan standar RTOG 1203. Organ yang dibandingkan dosis radiasinya adalah dubur, usus halus dan kandung kemih. Batasan dosis radiasi yang diterima OAR dapat dilihat pada Tabel 2.

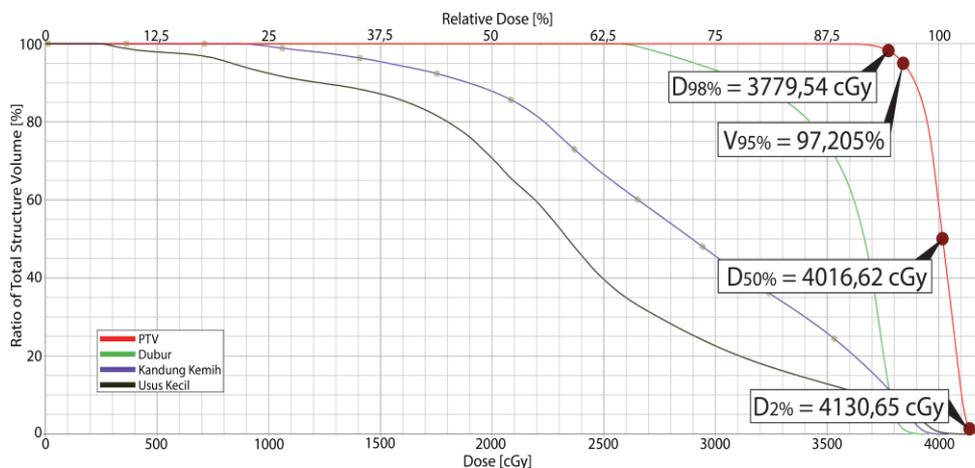
Tabel 2 Batasan Dosis radiasi yang diterima OAR

Organ	Batasan Dosis Radiasi
Usus Kecil	Volume 70% tidak menerima 40 Gy
Dubur	Volume 100% tidak menerima 45 Gy
Kandung Kemih	Volume 70% tidak menerima 45 Gy

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Analisis PTV

Analisis PTV dilakukan dengan menghitung nilai CI dan HI sesuai rekomendasi ICRU Report 62 dan 83. Analisis nilai CI dilakukan untuk melihat dosis radiasi preskripsi yang melingkupi seluruh volume target kanker. Data volume diperoleh dari grafik DVH pada setiap rekam medis pasien kanker serviks. Gambar 1 merupakan salah satu grafik DVH rekam medis pasien kanker serviks stadium IV dengan inisial BDS sebagai contoh pengambilan data nilai CI dan HI. Keterangan garis pada grafik DVH sama untuk tiap rekam medis pasien kanker serviks stadium IV. Pengambilan dan cara membaca data volume pada kurva DVH dilakukan dengan cara yang sama untuk setiap rekam medis pasien kanker serviks.



Gambar 1 Grafik DVH pasien DBS untuk nilai CI dan HI

Pada Gambar 1 didapatkan grafik DVH yang menampilkan nilai dosis radiasi (cGy) yang diterima PTV dan OAR terhadap volume (%). Kurva PTV pada Gambar 1 yang berwarna merah diperlukan untuk memperoleh nilai yang dibutuhkan dalam perhitungan nilai CI dan HI. Nilai yang dibutuhkan untuk perhitungan nilai CI yaitu volume kanker keseluruhan (V_{PTV}) dan volume kanker saat diberikan 95% dari total dosis radiasi ($V_{95\%}$). Nilai yang dibutuhkan untuk perhitungan nilai HI yaitu dosis tengah atau median ($D_{50\%}$), dosis hampir maksimum ($D_{2\%}$) dan dosis mendekati minimum ($D_{98\%}$) pada volume target. Perhitungan nilai CI sesuai persamaan (1) dan hasil perhitungan ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil Nilai CI

No	Inisial Pasien	$V(m^3)$	$V_{PTV}(\%)$	$V_{95\%}(\%)$	CI
1	R	1244,3		96,389	0,963
2	KS	1050,4		96,399	0,963
3	BDS	2166,8	100	97,205	0,972
4	D	2396,6		98,402	0,984
5	F	3131,2		95,519	0,955

Pada Tabel 3 dapat dilihat nilai CI untuk 5 rekam medis pasien kanker serviks stadium IV yaitu antara 0,955 sampai dengan 0,984. Nilai CI pada pasien dengan inisial BDS yaitu 0,972 dengan 97,205% volume kanker yang mendapatkan dosis radiasi minimum. Dosis yang diberikan telah sesuai dengan rekomendasi ICRU Report 62 sebesar 95% dari volume kanker. Nilai CI yang diperoleh telah mendekati nilai ideal dari standar CI sesuai rekomendasi ICRU Report 62 yaitu adalah 1. Dosis radiasi minimum yang diberikan dan hasil perhitungan nilai CI pada seluruh rekam medis pasien kanker serviks mendekati standar yang direkomendasikan. Dosis radiasi preskripsi yang diberikan pada seluruh rekam medis pasien kanker serviks dapat melingkupi seluruh target volume atau PTV. Selanjutnya, perhitungan nilai HI sesuai persamaan (2) dan hasil perhitungan ditampilkan pada Tabel 4.

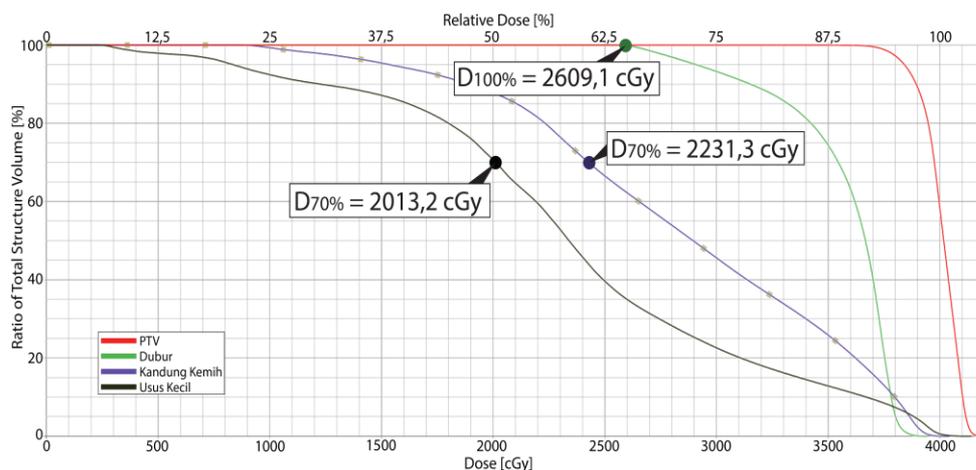
Tabel 4 Hasil Nilai HI

No	Inisial Pasien	$D_{98\%}(cGy)$	$D_{50\%}(cGy)$	$D_{2\%}(cGy)$	HI
1	R	4702,18	5007,99	5130,57	0,085
2	KS	4716,02	4974,70	5123,80	0,081
3	BDS	3779,54	4016,62	4130,65	0,087
4	D	4779,06	5035,19	5148,03	0,073
5	F	3682,58	4022,97	4147,57	0,115

Pada Tabel 4 dapat dilihat nilai HI untuk 5 rekam medis pasien kanker serviks stadium IV yaitu antara 0,073 sampai dengan 0,115. Nilai ideal HI yaitu 0 yang menunjukkan bahwa dosis radiasi yang diterima oleh kanker adalah homogen. Dari penelitian diperoleh hasil seluruh nilai HI pada tiap rekam medis pasien kanker serviks mendekati 0 dan membuktikan perencanaan terapi dapat digunakan. Menurut ICRU Report 83 untuk dosis radiasi organ penting di sekitar kanker lebih diprioritaskan nilai dosis radiasinya dibandingkan dengan nilai HI.

3.2 Analisis OAR

Analisis OAR dilakukan dengan melihat dosis yang diterima organ penting di sekitar kanker serviks yaitu dubur, kandung kemih dan usus kecil. Gambar 2 merupakan salah satu grafik DVH rekam medis pasien kanker serviks stadium IV dengan inisial BDS sebagai contoh pengambilan data dosis radiasi pada OAR. Keterangan garis pada grafik DVH sama untuk tiap rekam medis pasien kanker serviks stadium IV. Pengambilan dan cara membaca data volume pada kurva DVH dilakukan dengan cara yang sama untuk setiap rekam medis pasien kanker serviks.



Gambar 2 Grafik DVH untuk OAR

Organ dubur adalah salah satu organ penting di sekitar kanker serviks dan dosis radiasi yang diterima harus diperhatikan. Dosis radiasi yang diterima organ dubur berdasarkan kurva DVH pada Gambar 2 pada volume 100% ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5 Dosis Radiasi Dubur pada Volume 100%

No	Inisial Pasien	Batasan Dosis Radiasi (cGy)	Dosis Radiasi yang Diterima (cGy)
1	R	4500	3345,3
2	KS		2144,5
3	BDS		2609,1
4	D		3921,1
5	F		236,9

Pada Tabel 5 menjelaskan dosis radiasi yang diterima organ dubur pada volume 100%. Dosis terendah pada pasien F yaitu 236,9 cGy dan dosis tertinggi pada pasien D yaitu 3921,1 cGy. Dosis yang diterima semua pasien masih dalam kondisi aman dan tidak terkena radiasi maksimal yaitu 4500 cGy. Dosis radiasi yang diberikan telah sesuai standar RTOG 1203.

Organ penting di sekitar kanker serviks berikutnya yaitu kandung kemih dan harus diperhatikan dosis radiasi yang diterima. Berdasarkan kurva DVH pada Gambar 2 dosis radiasi yang diterima organ kandung kemih dengan volume 70% ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6 Dosis Radiasi Kandung Kemih pada Volume 70%

No	Inisial Pasien	Batasan Dosis Radiasi (cGy)	Dosis Radiasi yang Diterima (cGy)
1	R	4500	3801,0
2	KS		3055,1
3	BDS		2231,3
4	D		4165,9
5	F		2538,4

Pada Tabel 6 menjelaskan dosis radiasi yang diterima organ kandung kemih pada volume 70%. Dosis radiasi yang diterima oleh seluruh organ kandung kemih pada semua pasien tidak terkena radiasi maksimal yaitu 4500 cGy. Dosis radiasi yang diterima dapat dipengaruhi oleh sudut penyinaran dan kedalaman target kanker. Dosis radiasi terendah pada pasien F yaitu 2538,4 cGy. Dosis radiasi tertinggi pada pasien D yaitu 4165,9 cGy. Dosis yang diberikan pada perencanaan radioterapi untuk organ usus kecil telah sesuai standar RTOG 1203

Organ penting atau OAR yang berada di sekitar kanker serviks terakhir yaitu usus kecil. Dosis yang diberikan harus mempertimbangkan dosis radiasi yang diterima organ usus kecil. Berdasarkan kurva DVH pada Gambar 2 dosis radiasi yang diterima organ usus kecil pada volume 70% ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7 Dosis Radiasi Usus Kecil pada Volume 70%

No	Inisial Pasien	Batasan Dosis Radiasi (cGy)	Dosis Radiasi yang Diterima (cGy)
1	R	4000	2014,9
2	KS		1886,9
3	BDS		2013,2
4	D		2801,9
5	F		901,1

Pada Tabel 7 menjelaskan dosis radiasi yang diterima organ usus kecil pada volume 70%. Organ usus kecil pada semua pasien dalam kondisi aman dan tidak terkena radiasi maksimal yaitu 4500 cGy. Dosis yang diberikan pada perencanaan radioterapi untuk organ usus kecil telah sesuai standar RTOG 1203. Dosis radiasi terendah pada pasien F yaitu 901,1 cGy dan dosis radiasi terendah pada pasien D yaitu 2801,9 cGy.

IV. KESIMPULAN

Perencanaan dosis radiasi pada TPS memiliki hasil yang baik. Hasil analisis pada PTV berdasarkan nilai CI dan HI telah sesuai standar ICRU *Report* 62 (1999) dan 83 (2010). Hasil analisis dosis radiasi yang diterima OAR sesuai standar RTOG 1203 pada semua rekam medis pasien kanker serviks stadium IV.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Instalasi dan Staff Radioterapi Rumah Sakit Universitas Andalas yang telah menyediakan sarana dan prasarana sehingga penelitian ini dapat terlaksanakan dengan baik, serta semua pihak yang telah membantu kelancaran penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Elvira, R., Taufiq, I., Adrial, R. and Ilyas, M., 2021. Analisis Perencanaan Radioterapi Pasien Kanker Nasofaring Menggunakan Teknik Intensity Modulated Radiotherapy. *Jurnal Fisika Unand*, 10(3), pp.337-343.
- Hodapp, N., 2012. The ICRU Report 83: prescribing, recording and reporting photon-beam intensity-modulated radiation therapy (IMRT). *Strahlentherapie und Onkologie: Organ der Deutschen Röntgengesellschaft...[et al]*, 188(1), pp.97-99.
- Huang, M., Huang, D., Zhang, J., Chen, Y., Xu, B. and Chen, L., 2017. Preliminary study of clinical application on IMRT three - dimensional dose verification - based EPID system. *Journal of Applied Clinical Medical Physics*, 18(4), pp.97-105.
- Kemenkes, R.I., 2017. Pedoman Nasional Pelayanan Kedokteran, Kanker Serviks. Komite Penanggulangan Kanker Nasional.
- Mijnheer, B., Olaciregui-Ruiz, I., Rozendaal, R., Sonke, J.J., Spreeuw, H., Tielenburg, R., Van Herk, M., Vijlbrief, R. and Mans, A., 2013, June. 3D EPID-based in vivo dosimetry for IMRT and VMAT. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 444, No. 1, p. 012011). IOP publishing.
- Purwaningsih, S., Mutohar, A., Wibowo, W.E. and Prawoiro, S.A., 2020. Perbandingan perencanaan radioterapi IMRT kanker servik stadium IIB menggunakan fasilitas optimization beam angle dan teknik manual pada TPS Eclipse. *Journal of Medical Physics and Biophysics*, 7(1), pp.7-12.
- Savitri, Y.D., Sutapa, G.N., Sudarsana, I.W.B. and Irhas, R., 2022. Radioterapi Linac Energi 6 MV Terhadap Kanker Serviks Pada Organ Rektum Menggunakan Teknik 3DCRT dan IMRT Di RSUP Sanglah Denpasar. *Kappa Journal*, 6(1), pp.7-14.
- Susworo, R., 2007. Radioterapi: Dasar-dasar radioterapi, Tata laksana Radioterapi penyakit kanker.
- Williams, J.R., Williams, J.R. and Thwaites, D.I. eds., 1993. *Radiotherapy physics in practice*. Oxford University Press, USA.