

## **Radioterapi Linac Energi 6 MV Terhadap Kanker Serviks Pada Organ Rektum Menggunakan Teknik 3DCRT dan IMRT Di RSUP Sanglah Denpasar**

<sup>1</sup>Yohana Dian Savitri, <sup>2</sup>Gusti Ngurah Sutapa, <sup>3</sup>I Wayan Balik Sudarsana, <sup>4</sup>Rozi Irhas

<sup>1,2</sup>Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran, Badung, Bali, Indonesia 80361

<sup>3,4</sup>Instalasi Radioterapi, RSUP Sanglah Denpasar, Jalan Diponegoro Denpasar, Bali, Indonesia 80114

Email Korespondensi: <sup>1</sup>[yohanadian05@gmail.com](mailto:yohanadian05@gmail.com) ; <sup>2</sup>[sutapafis97@unud.ac.id](mailto:sutapafis97@unud.ac.id) ; <sup>3</sup>[roziirhas7@gmail.com](mailto:roziirhas7@gmail.com)

<b>Article Info</b>	<b>Abstract</b>
<p><b>Article History</b>                      Received: 07 Jan 2022                      Revised: 22 Mei 2022                      Published: 30 June 2022</p> <p><b>Keywords</b>                      Radiotherapy, Cervical Cancer, 3DCRT, IMRT, PTV, DVH, CI, HI and OAR</p>	<p><i>Cervical cancer radiotherapy on the Linac aircraft uses a 6 MV energy photon beam with 3 Dimension Conformal Radiotherapy (3DCRT) and Intensity Modulation Radiation Therapy (IMRT) techniques. Radiotherapy planning on the 3DCRT and IMRT techniques is then compared by analyzing the dose distribution or planning target volume (PTV) coverage through the Conformity Index (CI) and Homogeneity Index (HI) and Organ At Risk (OAR) where the risk organ that is considered is the rectum. In this study, 30 data on cervical cancer patients were used at the Radiotherapy Installation at Sanglah Hospital Denpasar with a plan using a box system on the 3DCRT technique and the IMRT technique with rotation angles of 0<sup>o</sup>, 90<sup>o</sup>, 180<sup>o</sup>, and 270<sup>o</sup> and a radiation dose of 5000 cGy. Comparison of these two techniques is done by analyzing the Dose Volume Histogram (DVH) curve on PTV coverage on the Treatment Planning System (TPS) computer. The results of this study indicate that the average CI value in the 3DCRT technique is 1.017542 while the IMRT technique is 1.019668, with the Mann Whitney test (Asymp.Sig = 0.492). Likewise, the HI value, where the 3DCRT technique averaged 0.089494 while the IMRT technique was 0.093126 with Mann Whitney test (Asymp.Sig = 0.487), both CI and HI values were not significant. While the percentage of the average dose of the rectum on both the 3DCRT and IMRT irradiation techniques are 96% and 87%, respectively. Cervical cancer radiotherapy using IMRT technique can minimize the absorbed dose in OAR (rectum).</i></p>
<b>Informasi Artikel</b>	<b>Abstrak</b>
<p><b>Sejarah Artikel</b>                      Diterima: 07 Jan 2022                      Direvisi: 22 Mei 2022                      Dipublikasi: 30 Juni 2022</p> <p><b>Kata kunci</b>                      Petunjuk penulisan; Radioterapi, Kanker Serviks, 3DCRT, IMRT, PTV, DVH, CI, HI dan OAR.</p>	<p>Radioterapi kanker serviks pada pesawat Linac menggunakan berkas photon energi 6 MV dengan teknik 3 Dimension Conformal Radiotherapy (3DCRT) dan Intensity Modulation Radiation Therapy (IMRT). Perencanaan radioterapi pada tehnik 3DCRT dan IMRT kemudian dibandingkan dengan menganalisis distribusi dosis atau <i>planning target volume (PTV) coverage</i> melalui <i>Conformity Index (CI)</i> dan <i>Homogeneity Index (HI)</i> serta <i>Organ At Risk (OAR)</i> dimana organ beresiko yang diperhatikan adalah rektum. Penelitian ini menggunakan 30 data pasien kanker servik di Instalasi Radioterapi RSUP Sanglah Denpasar dengan perencanaan menggunakan <i>box system</i> pada tehnik 3DCRT dan tehnik IMRT dengan sudut rotasi 0<sup>o</sup>, 90<sup>o</sup>, 180<sup>o</sup>, dan 270<sup>o</sup> dan dosis radiasi 5000 cGy. Perbandingan kedua tehnik ini dilakukan dengan menganalisis kurva <i>Dose Volume Histogram (DVH)</i> pada <i>PTV coverage</i> yang terdapat pada komputer <i>Treatment Planning System (TPS)</i>. Hasil penelitian ini menunjukkan nilai rata-rata CI pada tehnik 3DCRT adalah 1,017542 sedangkan pada tehnik IMRT sebesar 1,019668, dengan uji <i>mann whitney (Asymp.Sig =0,492)</i>. Demikian juga dengan nilai HI, dimana pada tehnik 3DCRT rata-ratanya adalah 0,089494 sedangkan pada tehnik IMRT sebesar 0,093126</p>

dengan uji *mann whitney* (*Asymp.Sig* = 0,487), kedua nilai CI dan HI tidak signifikan. Persentase dosis rata-rata organ rektum pada kedua teknik penyinaran 3DCRT dan IMRT berturut-turut yaitu 96% dan 87% dengan hasil uji statistik diperoleh nilai *Asimp.Sig* = 0.000 yang berarti signifikan. Radioterapi kanker serviks dengan menggunakan teknik IMRT dapat meminimalisir dosis serap pada OAR (rektum).

**Sitasi:** Savitri, Y.D., Sutapa, G.N., Balik, I.W.S., & Irhas, R. (2021). Radioterapi Linac Energi 6 MV Terhadap Kanker Serviks Pada Organ Rektum Menggunakan Teknik 3DCRT dan IMRT Di RSUP Sanglah Denpasar. *Kappa Journal*. 6(1), 7-14.

## PENDAHULUAN

Kanker adalah penyakit yang sangat ditakuti karena kemunculannya dapat merusak sel sehat atau organ penting disekitarnya. Kanker serviks atau yang dikenal juga sebagai kanker leher rahim merupakan salah satu penyakit kanker yang sering diderita wanita di dunia. Pengobatan Penyakit kanker dilakukan antara lain dengan pembedahan, kemoterapi dan radioterapi (Suhartono et al, 2014). Radioterapi atau terapi radiasi adalah pengobatan kanker dengan menggunakan radiasi pengion (Sutapa et al, 2020). Metode yang umum digunakan pada radioterapi adalah teleterapi. Pesawat teleterapi terdiri dari pesawat terapi *Cesium-137* (Cs-137), pesawat terapi *Linear Accelerator* (Linac) dan pesawat terapi *Cobalt-60* (Co-60) (Sutapa et al, 2019). Teknik penyinaran linac yang ada saat ini adalah *Three-Dimensiona Conformal Radiotherapy* (3DCRT) dan *Intensity Modulated Radiotherapy* (IMRT). Teknik penyinaran 3DCRT dan IMRT dilengkapi dengan komputer dalam melakukan *treatment* (Hadi et al, 2018).

Berbagai jenis aksesoris kelengkapan utama pesawat Linac antara lain, jumlah energi photon dan elektron, *Multileaf Collimator* (MLC), komputer kontrol antara *treatment planning system* (TPS) dengan Linac dan aksesoris tambahan yang menunjang aplikasi. MLC dan TPS dapat mengoptimalkan aplikasi radiasi eksternal, karena dengan MLC dapat membentuk ukuran sesuai bentuk tumor, conformal yang akan di radiasi dan melindungi *organ at risk* (OAR) (Suhartono et al, 2014). Tumor atau kanker dapat muncul dan berkembang dimana pun dalam tubuh manusia dan merusak jaringan yang sehat. Jika dilakukan penyinaran radiasi terhadap jaringan kanker tersebut maka jaringan sehat disekitar akan ikut terkena radiasi. Pelaksanaan radioterapi diupayakan untuk memenuhi prinsip dasar radioterapi yaitu, mengoptimalkan efektifitas daya perusak terhadap tumor atau kanker dan meminimalisir kerusakan jaringan normal disekitarnya (Fadriahz, 2010).

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Suhartono pada tahun 2014, menyebutkan bahwa salah satu cara untuk mengetahui perbandingan teknik 3DCRT dan IMRT melalui evaluasi distribusi dosis atau *PTV coverage* dari *dose volume histogram* (DVH). Evaluasi ini dapat dilihat pada nilai *conformity index* (CI), nilai *homogeneity index* (HI) dan OAR yang lebih minimal karena dapat terjadi keganasan sekunder dan toksisitas akibat dosis yang diterima pada organ *whole pelvic*. Nilai *conformity index* (CI) yaitu rasio antara volume *PTV coverage* yang ditentukan dibagi volume total *PTV* sedangkan *homogeneity index* (HI) yaitu rasio volume minimum dose dengan volume maksimum dose yang telah ditentukan. Dua parameter indeks dan dosis pada OAR ditentukan dari hasil distribusi dosis pada hasil perhitungan (TPS). Dari nilai HI dan CI dapat menggambarkan keberhasilan pencapaian distribusi dosis photon atau *PTV coverage* dan OAR menggunakan teknik 3DCRT dan IMRT yang dikategorikan teknologi *advance* ini (Suhartono et al, 2014).

Rumah Sakit Sanglah Denpasar memiliki Linac yang menghasilkan radiasi foton/sinar-X dengan berkas 6 MV dan 10 MV serta elektron dengan berbagai energi. Tehnik yang digunakan dalam pelayanan radioterapi di Rumah Sakit Sanglah relatif baru yaitu teknik 3DCRT dan IMRT yang digunakan untuk kanker payudara, kanker nasofaring dan juga kanker serviks. Dengan dua teknik yang dimiliki oleh Linac, maka perlu dilakukan penelitian perbandingan kedua teknik tersebut dalam pelayanan radioterapi dengan tujuan (1)

membandingkan teknik 3DCRT dan IMRT dalam perencanaan radioterapi linac kanker serviks dengan pesawat linac energi 6 MV dengan mengevaluasi nilai CI dan HI, dan (2) menganalisis besarnya dosis yang diterima organ rektum (OAR) pada masing-masing teknik 3DCRT dan teknik IMRT.

## METODE

Penelitian dilakukam di Rumah Sakit Umum Pusat (RSUP) Sanglah Denpasar. Data awalnya berupa *image* CT simulator 30 pasien kanker serviks yang kemudian akan di *planning* oleh Fisikawan Medis terhadap masing-masing teknik 3DCRT dan IMRT pada setiap pasien. Tahapan pertama adalah pada *image* CT simulator untuk mengetahui daerah yang akan dilakukan radiasi. Pada *image* CT simulator tersebut dibuat kontur target (kanker) dan OAR sehingga membedakan kedua organ tersebut. Tahapan selanjutnya yang dilakukan adalah menentukan energi serta teknik yang digunakan. Energi yang digunakan adalah sebesar 6 MV dengan menggunakan empat *beam* atau *box system* dengan arah gantry  $0^{\circ}$ ,  $90^{\circ}$ ,  $180^{\circ}$ , dan  $270^{\circ}$  serta dosis preskripsi yang diberikan sebesar 5000 cGy. Langkah selanjutnya yang dilakukan adalah perhitungan dosis. Perhitungan dosis ini dilakukan secara otomatis pada komputer TPS, kemudian hasil perhitungan dapat dilihat data statistika pada DVH. Data yang diperoleh berupa volume total PTV ( $V_{PTV}$ ), volume 95% PTV ( $V_{95\%}$ ), dosis pada 2% volume PTV ( $D_{2\%}$ ), dosis pada 50% volume PTV ( $D_{50\%}$ ) dan dosis pada 98% volume PTV ( $D_{98\%}$ ) serta dosis yang diterima organ rektum. Dari hasil perencanaan TPS kemudian akan dihitung nilai *conformity indeks* dan *homogeneity indeks* menggunakan persamaan berikut ini: (Purwaningsih et al, 2020)

$$HI = \frac{D_{2\%} - D_{98\%}}{D_{50\%}} \quad (1)$$

$$CI = \frac{V_{95\%}}{V_{PTV}} \quad (2)$$

$D_{2\%}$  adalah besarnya dosis yang melingkupi 2% volume PTV (cGy)

$D_{98\%}$  adalah besarnya dosis yang melingkupi 98% volume PTV (cGy)

$D_{50\%}$  adalah besarnya dosis yang melingkupi 50% volume PTV (cGy)

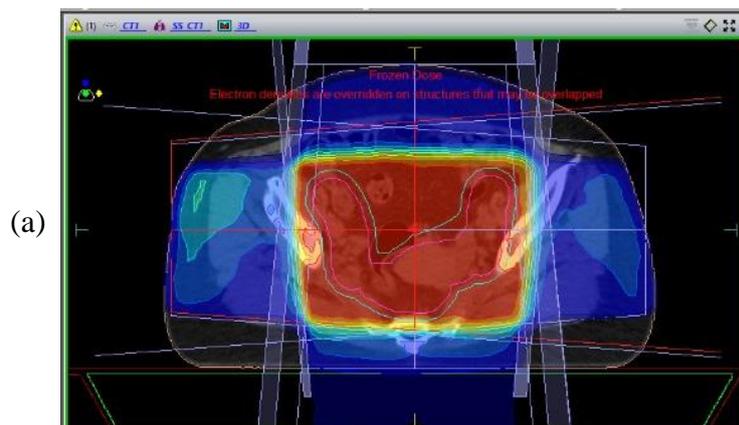
$V_{95\%}$  adalah besarnya keseluruhan volume yang menerima dosis 95% (cc)

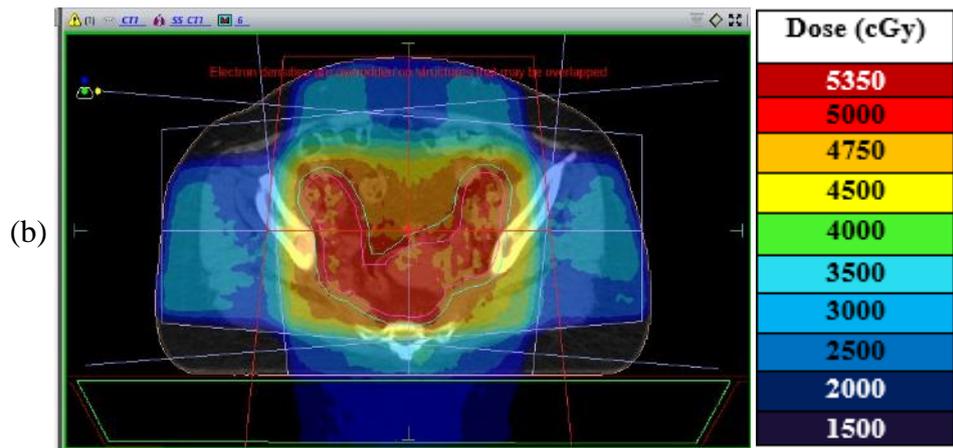
$V_{PTV}$  adalah besarnya volume PTV pada suatu target radiasi (cc)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Hasil Perencanaan Radiotrapi

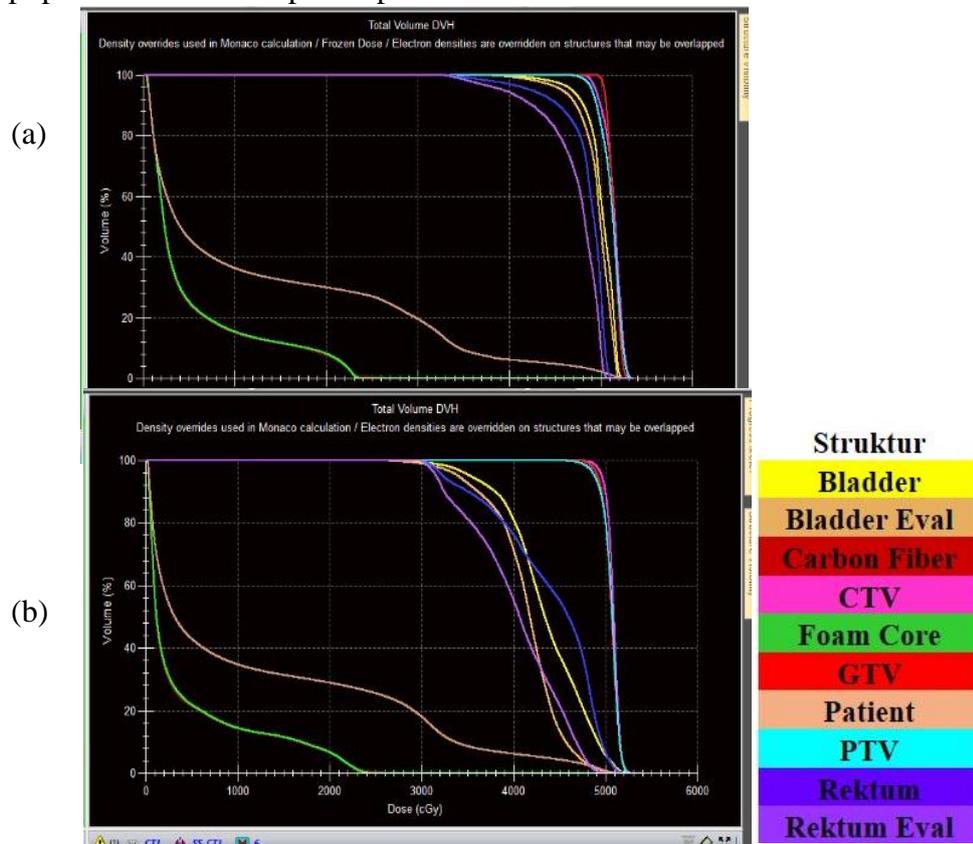
Hasil penelitian ini berupa *planning* yang akan ditentukan kualitasnya secara kuantitatif dengan pengukuran dan perhitungan CI dan HI yang diperoleh dengan menganalisis kurva DVH pada kedua teknik penyinaran. Sampel hasil perencanaan radioterapi salah satu pasien kanker serviks ditampilkan pada Gambar 1.





Gambar 1. Hasil Perencanaan Radioterapi Pasien Kanker Serviks, (a) Teknik 3DCRT, (b) Tehnik IMRT.

Hasil kurva DVH yang akan dievaluasi untuk salah satu sampel hasil perencanaan radioterapi pasien diatas ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Kurva *Dose Volume Histogram* (DVH), (a) Teknik 3DCRT, (b) Tehnik IMRT

**2. Hasil Perhitungan Nilai *Conformity Index*, *Homogeneity Index* dan OAR**

Keberhasilan perencanaan radioterapi tergantung pada faktor *conformity* dan *homogeneity* distribusi dosis pada PTV (*Planning Target Volume*) serta dosis pada organ beresiko di dekat target. Nilai CI diperoleh dari nilai rasio volume 95% PTV terhadap

volume PTV pada persamaan (1) sedangkan nilai HI diperoleh dengan persamaan (2). Informasi nilai dosis yang diperoleh organ rektum (OAR) dapat langsung dilihat pada data statistik kurva DVH.

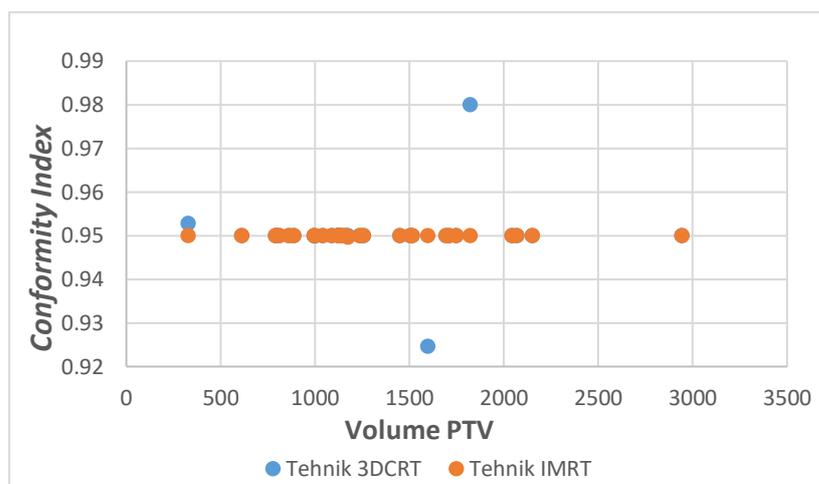
Nilai rata-rata CI, HI dan dosis OAR yang diperoleh dari kedua tehnik penyinaran akan ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rata-rata dari Masing-masing Parameter yang diukur

Teknik	CI	HI	Persentasi dosis Rektum
3DCRT	0,9502454	0,089494	4.784,76
IMRT	0,9499861	0,093126	4.373,82

### 3. Pembahasan

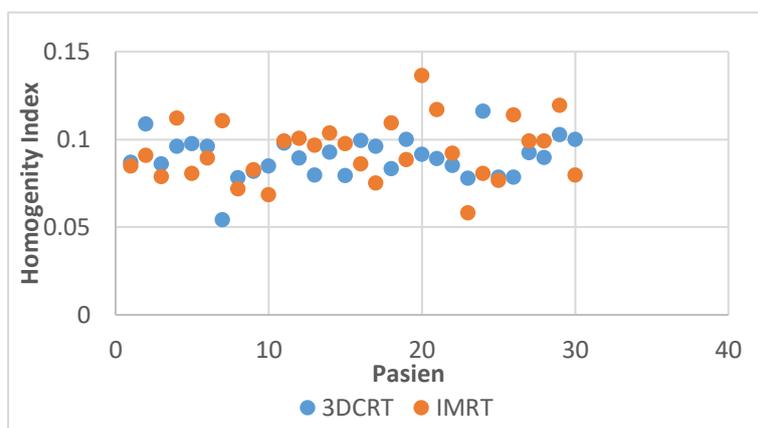
Evaluasi dari sebuah perencanaan radioterapi merupakan hal yang penting dilakukan untuk mengetahui bahwa perencanaan radioterapi tersebut sudah memenuhi standar *treatment*. Parameter yang dievaluasi terdiri dari tiga aspek, yaitu kesesuaian distribusi dosis dengan bentuk target, homogenitas dosis dalam volume target dan dosis pada organ beresiko di dekat target. Dalam penelitian ini, evaluasi yang dilakukan terhadap nilai *conformity index* dan *homogeneity index* untuk mengetahui tingkat keberhasilan perencanaan radioterapi



Gambar 3. Grafik Nilai *Conformity Indeks* terhadap Volume PTV pada Masing-masing Pasien.

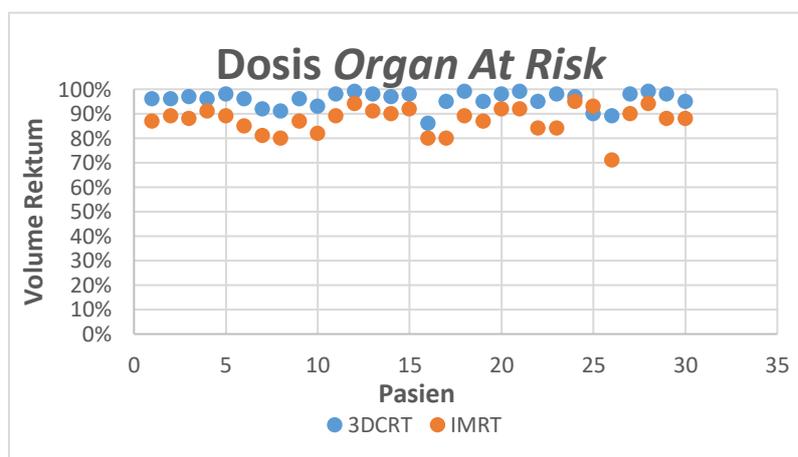
Dari Gambar 3 dapat dilihat bahwa untuk nilai *conformity index* hasil perencanaan radioterapi dengan tehnik 3DCRT dan IMRT semua nilai CI mendekati 1. Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan nilai *conformity index* antara perencanaan dengan tehnik 3DCRT dan tehnik IMRT tidak terpaut jauh. Hal yang sama pada hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Suhartono (2014), dimana nilai CI yang diperoleh pada kedua tehnik penyinaran hampir mendekati sama dan tidak signifikan. Nilai indeks rata-rata dari kedua tehnik, dimana nilai rata-rata CI untuk tehnik 3DCRT adalah 0,9502454 dan nilai rata-rata CI pada tehnik IMRT sebesar 0,9499861 dengan uji *Mann Whitney* nilai *asympt.sig* =0,578 (tidak signifikan). Menurut ICRU (2010) nilai *conformity index* yang memenuhi syarat adalah yang mendekati 1. Pada penelitian ini dari ke-30 pasien yang diamati perencanaan dengan tehnik 3DCRT dan IMRT menghasilkan nilai *conformity index* yang mendekati satu, baik masing-masing pasien maupun rata-rata pada masing-masing tehnik penyinaran, dengan demikian memenuhi syarat yang ditentukan.

Parameter kedua yang dievaluasi pada perencanaan radioterapi adalah *homogeneity index* yang merepresentasikan homogenitas dosis dalam volume target, dengan nilai idealnya menurut ICRU (2010) adalah bernilai nol yang berarti seluruh dosis pada volume target homogen. Nilai *homogeneity index* ditunjukkan pada Gambar 4, tampak bahwa pada teknik 3DCRT mempunyai nilai *homogeneity index* paling rendah yaitu bernilai 0,0540985 dan paling tinggi yaitu 0,115951 sedangkan pada teknik IMRT nilai *homogeneity index* terendah bernilai 0,057961 dan paling tinggi yaitu bernilai 0,1361233. Nilai *homogeneity index* yang paling mendekati nilai nol adalah pada teknik 3DCRT sedangkan nilai paling besar pada teknik IMRT dengan uji *Mann Whitney* nilai *asym.sig*=0,487 (tidak signifikan). Ditinjau dari nilai homogenitas, teknik 3DCRT sedikit lebih baik dibandingkan teknik IMRT karena paling mendekati kriteria ICRU walaupun tidak signifikan.



Gambar 4. Grafik Nilai *Homogeneity Index* pada Masing-masing Pasien

Dalam proses *treatment*, *organ at risk* (OAR) pasien tentu mendapatkan dosis radiasi. Dalam kasus kanker serviks pada penelitian ini organ beresiko adalah rektum. Sebaran nilai prosentase dosis serap untuk rektum pada masing-masing pasien dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Grafik Dosis yang Diterima *Organ At Risk*

Dari kedua jenis teknik penyinaran, memberikan perbedaan persentase dosis serap rektum yang signifikan dengan uji *Mann Whitney* (*asym.sig* = 0,00), dimana dosis rata-rata yang diterima organ rektum yaitu pada teknik 3DCRT dosis rata-rata sebesar 4.784,76 cGy sedangkan pada teknik IMRT dosis rata-ratanya sebesar 4.373,82 cGy. Dari Gambar 5 menunjukkan prosentase dosis rektum paling kecil adalah pada teknik IMRT yaitu sebesar 71% dengan besar dosis yang diterima yaitu sebesar 3536,7

cGy sedangkan persentasi dosis rektum terbesar adalah pada tehnik 3DCRT dimana 4 pasien mendapatkan dosis pada rektum sebesar 99%. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi pengurangan prosentase dosis serap pada rektum dengan tehnik penyinaran IMRT. Sedangkan untuk rata-rata persentase dosis rektum tehnik 3DCRT dan IMRT masing-masing adalah 96% dan 87%.

## KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa PTV pada kedua tehnik hampir mendekati sama, ditinjau dari nilai *conformity index* dan nilai *homogeneity index* yang tidak signifikan. Sedangkan untuk dosis serap rektum diperoleh hasil signifikan dari kedua tehnik penyinaran. Karena ada perbedaan yang signifikan maka dapat dikatakan bahwa ada pengaruh penggunaan tehnik penyinaran terhadap dosis serap pada OAR. Teknik IMRT lebih baik dibandingkan dengan tehnik 3DCRT karena dapat meminimalisir dosis serap pada OAR.

## SARAN

Saran yang dapat disampaikan yaitu perlu dilakukan penelitian untuk pasien dengan kasus kanker yang berbeda.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh staf di Instalasi Radioterapi RSUP Sanglah Denpasar yang telah memberikan izin dan bantuan berupa fasilitas dalam penelitian ini, serta staf dosen program studi Fisika, FMIPA, UNUD yang telah memberikan dukungan dan membantu proses terselesaikannya tugas akhir penelitian ini dengan baik dan lancar.

## DAFTAR PUSTAKA

- Budiyono, A., 2013, Registrasi Citra *Digitally Reconstructed Radiographs* (DRR) terhadap Citra *Electronic Portal Imaging Devices* (EPID) Untuk Verifikasi Posisi Pasien Secara Otomatis Dalam Pengobatan Radioterapi, *Skripsi*, Universitas Hasanudin, Makasar.
- Ekaputra, E., Djakaria, & H. M., 2016, Peran Radioterapi Pada *Primary Optic Nerve Sheath Meningioma*, *Journal of The Indonesian Radiation Oncology Society*, Vol. 7 (2): 43-67.
- Fadriahz, D., 2010, Distribusi Dosis Untuk Lapangan Asimetri Sinar-X 6MV Dengan Variasi Kedalaman, *Tesis*, Universitas Indonesia, Jakarta.
- Fajar, 2020, *Makanan Sehat*, <https://makanansehat.co/2020/06/07/waspadai-penyebab-kanker-serviks/> [Diakses tanggal 17 April 2021].
- Firmansyah, A. F., 2018, Karakteristik Berkas Radiasi Foton 6 MV Pesawat Pemercepat Linear Medik Monoenergi Eekta Synergy Platform, *Seminar Nasional SDM Teknologi Nuklir*, BATAN, Jakarta, ISSN 1978-0176.
- Hadi, B. S. W., & Milvita, D., 2018, Verifikasi Luas Lapangan Radiasi Penyinaran Linac Tipe Clinac CX Terintegrasi *Electronic Portal Imaging Device* (EPID) Menggunakan Teknik IMRT di RSP Universitas Andalas, *Jurnal Fisika Unand*, Vol. 7, No. 4.
- Journal Of The ICRU, 2010, *Prescribing, Recording and Reporting Photon Beam Intensity Modulation Radiation Therapy*, Vol. 10 (1)
- Khiftiyah, M., Hidayanto, E., & Arifin, Z., 2014, Analisa Kurva *Percentage Depth Dose* (PDD) dan *Profile Dose* Untuk Lapangan Radiasi Simetri Dan Asimetri pada

- Linear Accelerator (LINAC) 6 dan 10 MV, Youngster Physics Journal*, Vol. 3 (4): 279-286.
- Kodrat, H., Susworo, R., Amalia T., & Sabariani, R. R., 2016, Radioterapi Konformal Tiga Dimensi Dengan Pesawat Cobalt-60, *Journal Of The Indonesian Radiation Oncology Society*, Vol. 7 (1): 37-42.
- Purwaningsih, S., Mutahor, A., Wibowo, W. E., & Prawiro, 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*, Vol. 7 (1).
- Suhartono, B. H., Budi, S. W., & Hidayanto, E., 2014, Distribusi Dosis Photon Menggunakan Teknik 3DCTR dan IMRT Pada Radiasi *Whole Pelvic* Karsinoma Serviks, *jurusan Fisika Universitas Diponegoro*, Vol. 17, (4):121 – 128.
- Sutapa, G. N., Supartha, W., Wijaya, N., Puja, K., & Syaifudin, M., 2020, The Effectiveness of <sup>60</sup>Co Gamma-ray Exposure to The Reproductive System of Rat (*Rattus Argentiventer*) as Sterile Male Technique, *BIODIVERSITAS*, Vol.21, No. 8 P. 3805-3810.
- Sutapa, G. N., Supartha, W., Wijaya, N., & Puja, K., 2019, Effect of Radiation Gamma Co-60 on Sterile Male Technique Competitiveness in Inhibiting Population of *Rattus argentiventer*, *Journal of Advance Research in Dynamical and Control System*, Vol. 11, No 06, P. 1873-1879.
- Tindaon, K., 2017, Analisis Perbandingan Nilai Monitor Unit Energi 8 MeV dan 10 MeV Pada Pesawat Linac M5782 Siemens Dengan Menggunakan Metode *Absolute Water Phantom*, *Skripsi*, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Widjaya, G. H., Fatimah, & Sudiyono, 2017, Teknik Radioterapi Radiasi Eksternal Kanker Serviks Dengan Separasi ebih Daripada 20 Centimeter Pada Pesawat Teleterapi Cobalt-60 di Unit Radioterapi Instalasi Radiologi RSUP DR,Kariadi Semarang, Vol. 4 (1).