

PEMBUATAN KURVA ISODOSIS 2D DENGAN MENGGUNAKAN KURVA *PERCENTAGE DEPTH DOSE* (PDD) DAN PROFIL DOSIS DENGAN VARIASI KEDALAMAN UNTUK *TREATMENT PLANNING SYSTEM*

*Farhatin Nurul Ihya, Choirul Anam dan Vincensius Gunawan**

Jurusan Fisika, Universitas Diponegoro, Semarang 50275

*Korespondensi Penulis, Email: goenangie@fisika.undip.ac.id

Abstract

Treatment Planning System (TPS) is very necessary in radiotherapy planning to give the accurate radiation dose given to the patient. In the TPS, 2D isodose curve is used to determine the dose distribution with the same rate at a certain distance from the radiation source. The isodose curve is obtained from the Percentage Depth Dose (PDD) and dose profile. Measurement data of PDD and dose profiles obtained from Kersaras Hospital in Semarang. The PDD and dose profile data were obtained from testing the water phantom for soft tissues such as muscles or other body tissues. Dose profile curve which is used is at a various depth, such as: 1.5 cm, 5 cm, 10 cm, 15 cm, 20 cm and 25 cm with an area of 5 x 5 cm² field, 10 x 10 cm², 15 x 15 cm², 20 x 20 cm², 30 x 30 cm² and 40 x 40 cm². At each depth of curve profile, the dose at the surface is calculated and normalized using interpolation and normalized by narrowing techniques. 2D isodose curve obtained from the weighting technique to the calculation of the dose profile curve. In the field size of 5 x 5 cm² and 10 x 10 cm², isodose curve formed better in the absence of horn at the edge of the curve. In the field size larger than 10 x 10 cm² there are horns on the edge of the curve at the lower depths.

Keywords : *Treatment Planning System (TPS), 2D Isodose curve, Percentage Depth Dose (PDD), Dose profile.*

Abstrak

Treatment Planning System (TPS) sangat diperlukan dalam radioterapi yaitu merencanakan dosis radiasi akurat untuk diberikan pada pasien. Dalam TPS ini, kurva isodosis 2D yang digunakan untuk mengetahui distribusi dosis dengan laju yang sama pada jarak tertentu dari sumber radiasi. Kurva isodosis ini diperoleh dari Percentage Depth Dose (PDD) dan Profil dosis. Hasil pengukuran PDD dan profil dosis diperoleh dari Rumah Sakit Kersaras Semarang. Hasil pengukuran ini diperoleh dari uji pada phantom air karena jaringan lunak seperti otot atau jaringan tubuh manusia lainnya. Kurva profil dosis yang digunakan yaitu pada kedalaman 1,5 cm, 5 cm, 10 cm, 15 cm, 20 cm dan 25 cm dengan luas lapangan 5 x 5 cm², 10 x 10 cm², 15 x 15 cm², 20 x 20 cm², 30 x 30 cm² dan 40 x 40 cm². Pada setiap kedalaman, kurva profil dosis dihitung dosis permukaannya dan dinormalisasi dengan interpolasi dan teknik penyempitan pada MATLAB[®]. Kurva isodosis 2D diperoleh dari teknik pembobotan dengan kurva profil dosis hasil perhitungan. Pada luas lapangan 5 x 5 cm² dan 10 x 10 cm², kurva isodosis yang terbentuk lebih baik dengan tidak adanya tanduk (horn) padatepi kurvanya. Pada luas lapangan yang lebih besar dari 10 x 10 cm² masih terdapat tanduk pada tepi kurvanya pada kedalaman yang rendah.

Kata Kunci : *Treatment Planning System (TPS), Kurva isodosis 2D, Percentage Depth Dose (PDD), Profil dosis.*

Pendahuluan

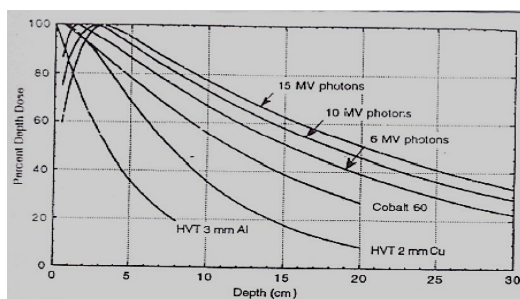
Salah satu bentuk pemanfaatan sinar pengion adalah untuk terapi atau yang dinamakan radioterapi[1]. Radioterapi didefinisikan sebagai jenis terapi yang memanfaatkan radiasi dosis tinggi untuk menghancurkan sel-sel kanker. Radiasi akan merusak sel-sel kanker sehingga proses multiplikasi ataupun pembelahan sel-sel kanker akan terhambat [2]. Namun dalam radioterapi, sel-sel normal juga dipengaruhi oleh radiasi ini. Oleh sebab itu, diperlukan suatu perhitungan untuk menentukan besarnya dosis radiasi yang disebut *Treatment Planning System* (TPS). Pada proses ini dapat diketahui apakah semua jaringan tumor mendapat dosis radiasi yang memadai serta diketahui pula dosis yang diterima oleh jaringan sehat sekitarnya.

Perhitungan dosis pada teleterapi menggunakan computer telah dilakukan [3]. Pada penelitian tersebut dihasilkan kurva isodosis 2D. Namun, pada penelitian tersebut hanya digunakan satu profil dosis pada kedalaman tertentu yaitu pada kedalaman 1,5 cm. Dengan hanya menggunakan satu profil dapat dipastikan perhitungan dosis tidak lagi akurat pada kedalaman yang lebih tinggi, misalnya pada kedalaman 5 cm, 10 cm, dll. Hal ini disebabkan, antara lain oleh laju profil dosis pada kedalaman-kedalaman yang lebih tinggi memiliki pola yang berbeda-beda.. Oleh sebab itu pada penelitian ini akan dibuat kurva isodosis 2D menggunakan profil dosis pada berbagai kedalaman (1.5 cm, 5 cm, dst) pada lapangan persegi tertentu, misalnya 5x5 cm². Diharapkan hasil yang diperoleh lebih akurat dan dapat diterapkan pada proses TPS.

Percentage Depth Dose (Persentase Dosis Kedalaman; PDD)

Tinjau kasus pada keadaan tumor atau kanker yang terletak lebih dalam. Distribusi dosis radiasi pada sumbu

utama pasien atau fantom dikenal dengan istilah *Percentage Depth Dose* (PDD) atau presentase dosis serap pada kedalaman *d*. Persentase dosis kedalaman dipengaruhi oleh energi(lihat Gb.1), luas lapangan, jarak sumber ke kulit (*Source Skin Distance; SSD*) dan komposisi medium yang diradiasi. *Percentage Depth Dose* (PDD) berubah-ubah untuk kedalaman yang berbeda [4]. Perhitungan dosis pada pasien melibatkan pertimbangan terhadap parameter-parameter dan efek-efek di atas pada distribusi dosis kedalaman [5].



Gambar 1. Grafik *Percentage Depth Dose* (PDD) pada luas lapangan penyinaran 10 x 10 cm² dari energi sinar berbeda [4]

Jarak antara permukaan sampai dengan titik dengan dosis maksimum disebut kedalaman *build-up* atau sering juga disebut kedalaman maksimum. Karakteristik *build-up* ditemukan pada semua berkas foton. Perbedaan kualitas sinar ditandai oleh karakteristik *build-up*, seperti ditunjukkan pada tabel 1 di bawah ini.

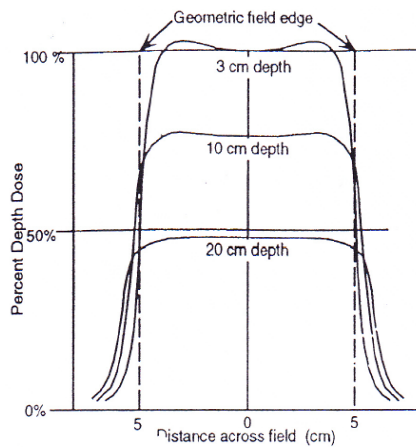
Tabel 1. Kedalaman *build-up* untuk berbagai variasi berkas foton [6].

Photon Beam	Maximum Energy (MeV)	Mean Energy (MeV)	Build - Up Depth (mm)
0,1 MV	0,1	0,033	App. 0
0,25 MV	0,25	0,08	0,2
6 MV	6	2	15
10 MV	10	3,3	20
25 MV	25	7	40
Cs-137	0,66	0,66	1,5
Co-60	1,33	1,25	50

Profil Dosis (Dose Profile)

Profil dinyatakan sebagai kurva yang menunjukkan bentuk muka sinar pada sumbu horizontal yang tegak lurus dari arah datangnya sinar. Profil berkas radiasi akan sangat bervariasi sesuai dengan kedalaman [6].

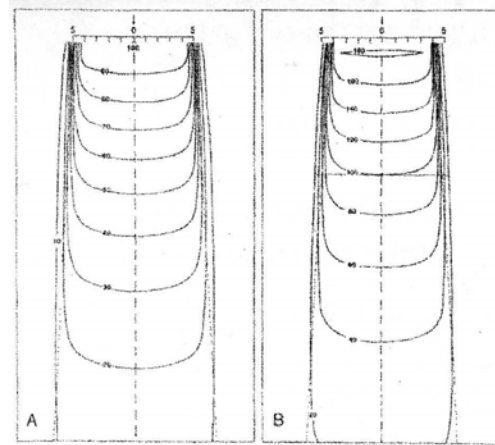
Variasi dosis pada sebuah daerah dengan kedalaman tertentu dapat ditentukan dari kesesuaian kurva isodosis yang digambarkan oleh profil dosis seperti yang diilustrasikan pada Gambar 2 berikut [6].



Gambar 2. Profil dosis sebuah daerah pada D_{max} untuk berbagai kedalaman (3 cm, 10 cm dan 20 cm) dengan dosis dinormalisasikan ke 100% dalam sumbu utama pada D_{max} . Sinar diarahkan pada kedalaman yang terdalam kemudian pada D_{max} [6].

Kurva Isodosis

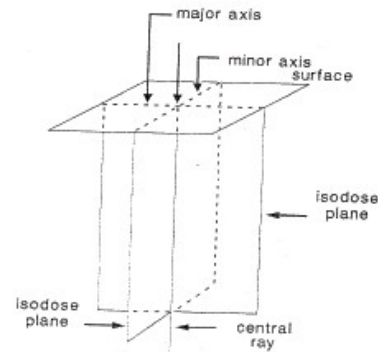
Kurva Isodosis didefinisikan sebagai titik-titik (posisi) pada jarak tertentu dari sumber radioaktif yang memiliki laju dosis yang sama, misal pada jarak 1, 2, 3 dan 4 cm dari titik tengah tegak lurus terhadap sumber [2,7]. Dari data isodosis ini dapat dibuat kurvanya, seperti dinyatakan pada Gb.3.



Gambar 3. Kurva isodosis lapangan radiasi tunggal (A) Tipe SSD (B) Tipe SAD [8]

Kurva isodosis didapatkan dengan mengalikan PDD dengan profil sinar. Pembuatan kurva isodosis berfungsi untuk melihat seberapa besar dosis radiasi yang akan diterima pada target volume maupun organ kritis yang berada disekelilingnya [5].

Kurva isodosis biasanya dibuat pada bidang utama yang berisi sumbu utama berkas dan sumbu lapangan radiasi arah inplane ataupun sumbu crossplane yang sering disebut sumbu mayor dan sumbu minor. Selain pada bidang utama, sering pula kurva isodosis dibuat pada bidang paralel dengan sumbu utama berkas dan di luar sumbu lapangan radiasi (Gambar 4).



Gambar 4. Skematik penggunaan lapangan radiasi [9]

Titik referensi biasanya pada kedalaman maksimum (d_{maks}) pada sumbu utama berkas atau pada titik isocenter. Titik manapun yang dipilih sebagai referensi, dosis pada titik tersebut diberi harga 100% dan kurva isodosis lain diberi harga lebih besar atau lebih kecil dari 100%. Bila titik 100% diberikan pada kedalaman maksimum, biasanya pengukuran dilakukan dengan teknik SSD (source to surface distance). Tetapi bila referensi 100% diambil pada sumbu rotasi gantri, pengukuran dilakukan dengan teknik SAD (source to axis distance) [10].

Metode Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data *Percentage Depth Dose* dan Profil Dosis yang menunjukkan persentase dosis pada kedalaman tertentu dan distribusi dosis pada kedalaman tertentu. Data didapat dari data sekunder di Rumah Sakit Ken Saras Ungaran Semarang Jawa Tengah. Data yang digunakan diperoleh dengan menggunakan parameter energi foton sebesar 6 MV yang dihasilkan oleh mesin LINAC Siemens / Primus M Class 5633 dan luas lapangan yang beragam mulai dari $5 \times 5 \text{ cm}^2$, $10 \times 10 \text{ cm}^2$, $15 \times 15 \text{ cm}^2$ dan sebagainya.

Untuk memperoleh kurva isodosis, langkah yang dilakukan pertama yaitu menyamakan interval data PDD dan profil dosis dengan skala 0,5 cm menggunakan interpolasi linier. Setelah itu dilakukan perhitungan dosis permukaan dari profil dosis untuk berbagai kedalaman yaitu: 1.5 cm, 5 cm, 10 cm, 15 cm, 20 cm dan 25 cm pada luas lapangan tertentu dengan teknik penyempitan. Kemudian dihitung dosis pada tiap pixel dengan menggunakan PDD dan profil dosis yang bersesuaian dengan teknik pembobotan. Langkah terakhir yaitu

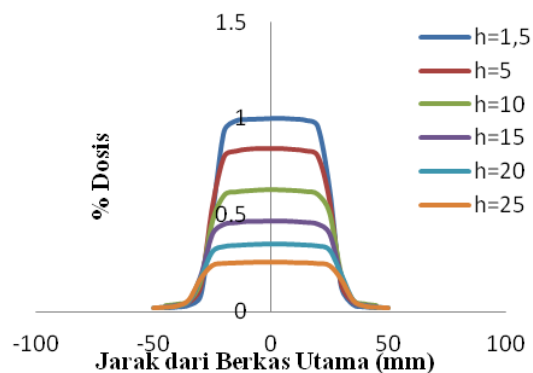
menampilkan dalam bentuk kurva isodosis 2D.

Hasil dan Pembahasan

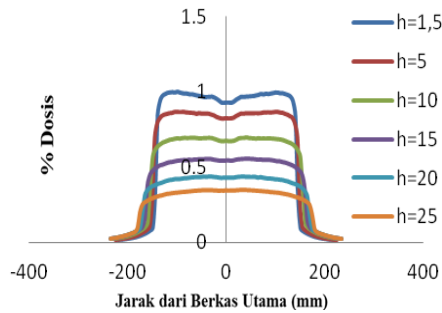
Profil Dosis pada Berbagai Kedalaman

Dari Gambar 5 dan Gambar 6 terlihat profil dosis pada kedalaman 1,5 cm mempunyai dosis yang lebih tinggi dibanding dengan kedalaman yang lain. Ini disebabkan profil dosis yang terbentuk mempunyai energi rata-rata yang tinggi pada bidang tegak lurus sumbu utama.

Pada Gambar 5, bentuk luas lapangan $5 \times 5 \text{ cm}^2$ yang digunakan memperkecil radiasi hambur yang terbentuk sehingga akan terlihat rata puncak-puncak grafik dari setiap kedalaman. Sedangkan Gambar 6, dengan bentuk luas lapangan $40 \times 40 \text{ cm}^2$ pada masing-masing kedalaman hampir semuanya mempunyai tanduk pada tepiannya kecuali pada kedalaman 25 cm. Tetapi dari semua kedalaman yang digunakan yang terlihat begitu jelas tanduk pada tepiannya yaitu pada kedalaman $h = 1,5 \text{ cm}$. Ini disebabkan besarnya radiasi hambur yang terbentuk karena bentuk luas lapangan yang semakin besar.

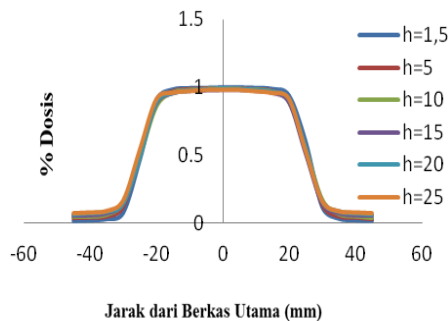


Gambar 5. Grafik profil dosis pada luas lapangan $5 \times 5 \text{ cm}^2$ belum diproyeksikan pada kedalaman $h = 0 \text{ cm}$

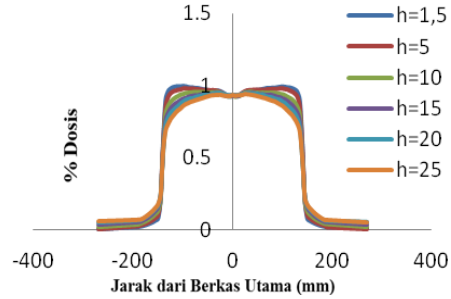


Gambar 6. Grafik profil dosis pada luas lapangan $40 \times 40 \text{ cm}^2$ belum diproyeksikan pada kedalaman $h = 0 \text{ cm}$

Selain itu hal ini disebabkan penggunaan *flattening filter* dari pesawat linac yang membuat rata-rata energi lebih tinggi ditengah dan rata-rata energinya lebih kecil pada tepiannya. Idealnya distribusi dosis dalam satu luas lapangan harus sama disemua posisi sehingga dosis yang diterima kanker merata. Namun dalam prakteknya hal ini sangat sulit dicapai. Menurut AAPM, merekomendasikan besarnya *flatness* berkas radiasi foton tidak boleh lebih dari 3%.



Gambar 7. Grafik profil dosis pada luas lapangan $5 \times 5 \text{ cm}^2$ yang telah diproyeksikan pada kedalaman $h = 0 \text{ cm}$ dan ternormalisasi



Gambar 8. Grafik profil dosis pada luas lapangan $40 \times 40 \text{ cm}^2$ yang telah diproyeksikan pada kedalaman $h = 0 \text{ cm}$ dan ternormalisasi

Setelah proses normalisasi terlihat bahwa dosis pada profil dosis bagian tengah sudah memiliki dosis yang sama yaitu sebesar 1 dan juga memiliki lebar profil dosis yang relatif sama (lihat Gb.7). Namun dosis pada bagian umbra untuk kedalaman yang lebih tinggi memiliki dosis yang relatif tinggi juga. Pada kedalaman 1,5 cm bagian umbra mempunyai dosis yang relatif rendah dibandingkan pada kedalaman 25 cm yang mempunyai dosis yang relatif tinggi.

Pada Gambar 8, yang merupakan hasil normalisasi untuk luas lapangan $40 \times 40 \text{ cm}^2$, dosis pada profil dosis bagian tengah sudah memiliki dosis yang sama yaitu sekitar 0,9 dan juga memiliki lebar profil dosis yang agak relatif sama. Tetapi pada kurva profil dosis yang terbentuk ini terbentuk suatu tanduk pada tepi- tepi puncak kurvanya. Ini dikarenakan *flattening filter* mempunyai peran untuk membuat dosis relatif pada daerah sekitar sumbu utama menjadi lebih rendah dibanding daerah pinggir profil dosis.

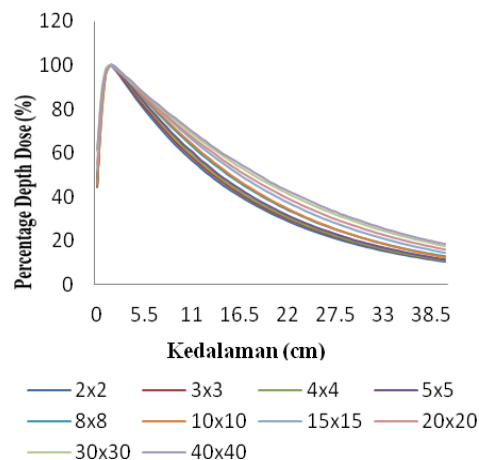
Untuk Gb.7, kurva yang telah diproyeksikan pada kedalaman $h = 0 \text{ cm}$ dan ternormalisasi mempunyai puncak kurva yang rata dan berhimpitan satu dengan yang lainnya. Ini memperlihatkan bahwa dosis radiasi pada setiap kedalaman yang telah ternormalisasi tidak banyak berinteraksi

dengan materi yang heterogen tetapi dengan materi yang homogen. Sedangkan Gb.8., kurva yang telah diproyeksikan pada kedalaman $h = 0$ cm dan ternormalisasi mempunyai puncak kurva yang lebih jelas terlihat adanya tanduk atau horn pada tepiannya dari kurva yang berhimpitan satu dengan yang lainnya. Ini memperlihatkan bahwa dosis radiasi pada setiap kedalaman yang telah ternormalisasi dengan luas lapangan yang lebih besar akan terbentuk banyak radiasi hambur dan lebih banyak berinteraksi dengan materi yang heterogen karena semakin besar bentuk dari kualitas radiasi yang arahnya tegak lurus yang keluar dari linac karena penggunaan luas lapangan yang semakin besar.

Kurva Percentage Depth Dose

Pada Gambar 9 di bawah, menunjukkan pada luas lapangan 2×2 cm² pada awal pemberian dosis mempunyai persentase dosis yang paling rendah diantara luas lapangan yang lain. Sedangkan luas lapangan 40×40 cm² memiliki persentase dosis paling besar diantara luas lapangan lainnya.

Kurva PDD yang terbentuk, dosis D_{max} akan mencapai nilai mendekati 100% atau 100% pada luas lapangan yang diteliti yaitu pada kedalaman 1,5 cm. Nilai D_{max} ini terjadi pada kedalaman 1,5 cm karena energi foton yang digunakan yaitu 6 MV. Setelah dosis melewati D_{max} , dosis akan menurun secara eksponensial mendekati 10% pada kedalaman 40 cm.



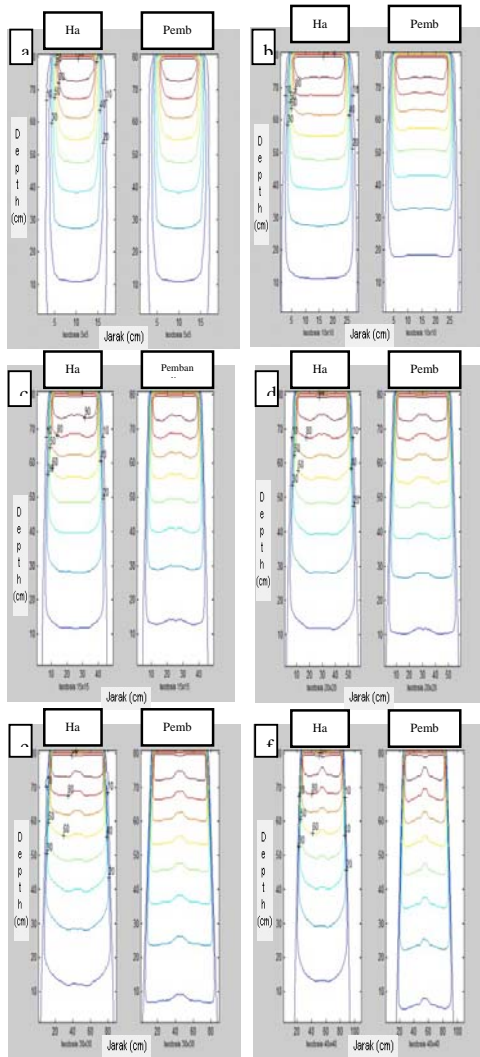
Gambar 9. Grafik *Percentage Depth Dose* yang disamakan intervalnya pada setiap luas lapangan (2×2 cm², 3×3 cm², 4×4 cm², 5×5 cm², 8×8 cm², 10×10 cm², 15×15 cm², 20×20 cm², 30×30 cm² dan 40×40 cm²).

Persentase dosis paling rendah yaitu mendekati 10% pada kedalaman 40 cm ketika dosis menurun secara eksponensial yaitu pada luas lapangan 2×2 cm². Sedangkan untuk persentase dosis paling tinggi yaitu mendekati 20% pada kedalaman 40 cm ketika dosis menurun secara eksponensial yaitu pada luas lapangan 40×40 cm².

Kurva Isodosis

Kurva isodosis ini diperoleh dari gabungan antara profil dosis dan *Percentage Depth Dose* karena mengacu pada keduanya. Gambar 10. menunjukkan kurva isodosis yang merupakan hasil penelitian dan pembanding-nya yang hanya menggunakan satu kedalaman di 1,5 cm.

Kurva isodosis yang terbentuk mempunyai bentuk kurva yang berbeda-beda sesuai dengan luas lapangan yang dipakai. Kurva isodosis dari masing-masing luas lapangan terlihat berbeda pada bentuk puncak dari kurva-kurva yang terbentuk dengan pembandingnya.



Gambar 10. a. Luas Lapangan 5 x 5 cm² b. Luas Lapangan 10 x 10 cm² c. Luas Lapangan 15 x 15 cm² d. Luas Lapangan 20 x 20 cm² e. Luas Lapangan 30 x 30 cm² f. Luas Lapangan 40 x 40 cm²

Pada kurva pembandingan, puncak-puncak dari kurva yang terbentuk muncul tanduk pada bagian tepinya dibanding pada kurva hasil penelitian. Kurva yang terbentuk dari hasil perhitungan puncak dari kurva-kurva yang terbentuk lebih halus dan tidak terbentuk tanduk pada tepi-tepinya ketika kedalamannya semakin dalam dibanding pada kurva pembandingnya.

Ini yang diharapkan dapat diterapkan pada pasien karena energi radiasi yang energinya besar tersebar rata pada permukaan kurva-kurva yang dibentuk.

Ketika energi radiasi berada pada kedalaman yang dekat dengan permukaan puncak permukaannya akan terbentuk tanduk pada tepi-tepinya karena karena energi radiasi yang besar lebih banyak berkumpul ditengah dibanding pada tepiannya. Semakin besar energi radiasi yang diberikan akan membuat semakin terbentuk cekungan pada pusat dari kurva yang dibentuk. Ini juga dipengaruhi oleh luas lapangan yang digunakan ketika penyinaran. Ketika luas lapangan yang digunakan semakin besar maka cekungan yang terbentuk akan semakin dalam. Tetapi seiring dengan kedalaman yang dilakukan pada penyinaran cekungan ini akan semakin halus sehingga lama kelamaan akan terlihat halus permukaan puncaknya.

Selain itu terdapat SSD yang berpengaruh juga pada hasil penyinaran. Semakin kecil SSDnya akan membuat distribusi dosis yang diberikan tidak merata dibanding dengan SSD yang biasa digunakan yaitu 100 cm.

Kesimpulan

Setelah melakukan pembuatan kurva isodosis 2D dengan menggunakan kurva *Percentage Depth Dose* (PDD) dan profil dosis untuk *Treatment Planning System* dalam radioterapi dengan MATLAB[®] dapat disimpulkan :

1. Telah berhasil dibuat kurva isodosis dengan menggunakan PDD dan profil dosis dari beberapa kedalaman 1.5 cm, 5 cm, 10 cm, 15 cm, 20 cm dan 25 cm untuk luas lapangan tertentu 5x5 cm², 10x10cm², 15x15 cm², 20x20cm², 30x30cm² dan 40x40 cm².
2. Diperoleh kurva isodosis yang lebih baik dibandingkan dengan menggunakan satu kedalaman 1,5 cm.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Diponegoro atas segala hal yang telah disediakan sebagai fasilitas kegiatan belajar. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang terkait dalam pembuatan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] Affandi, A.. 2009. *Prinsip Terapi Radiasi Dalam THT*. Riau : Universitas Riau.
- [2] Suparman I. dan Sunarhadijoso S.. 2011. *Pembuatan Program Komputer Isodosis Dan TPS Seed ¹²⁵I Untuk Brakiterapi*. Prosiding Pertemuan Ilmiah Radioisotop Radiofarmaka dan Siklotron.
- [3] Anam, C.. 2012. *Development of 2D Isodose Curve from the PDD and Dose Profiles Using Matlab*. Faculty of Science and Mathematics, Diponegoro University, Semarang, Indonesia.
- [4] Podgorsak, E.B.. 2005. *“Radiation Onco-logy Physics: A Handbook For Teacher and Student”*. Austria : IAEA.
- [5] Khan, F.M.. 1994. *The Physics of Radiation Therapy* 2nd edition. Baltimore, Maryland, USA: Lippincott Williams and Wilkins.
- [6] Gunilla, C.B.. 1996. *Radiation Therapy Plan-ning, Second Edition*. New York : McGraw-Hill.
- [7] Subagiada, K.. 2011. *Pengaruh Sourcen Skin Distance (SSD) Terhadap Profil Dosis Radiasi Pesawat Sinar-X*. Mulawarman Scientific, Volume 10, Nomor 1.
- [8] William, R. H.. 1984. *Radiation Therapy Physics*. Chicago London.
- [9] Mayes P., Nahum A. dan Rosenwald JC.. 2007. *The Physics of Radiotherapy X-Rays and Electron*. Medical Physics Publishing. Madison : Wincosin.
- [10] Prasetio, B.. 2011. *Karakterisasi Berkas Sinar Virtual Wedge dan Physical Wedge Linear Accelerator Siemens*. Jakarta : Universitas Indonesia.